Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

+ *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.

+ *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.

+ *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.

+ *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página `http://books.google.com`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

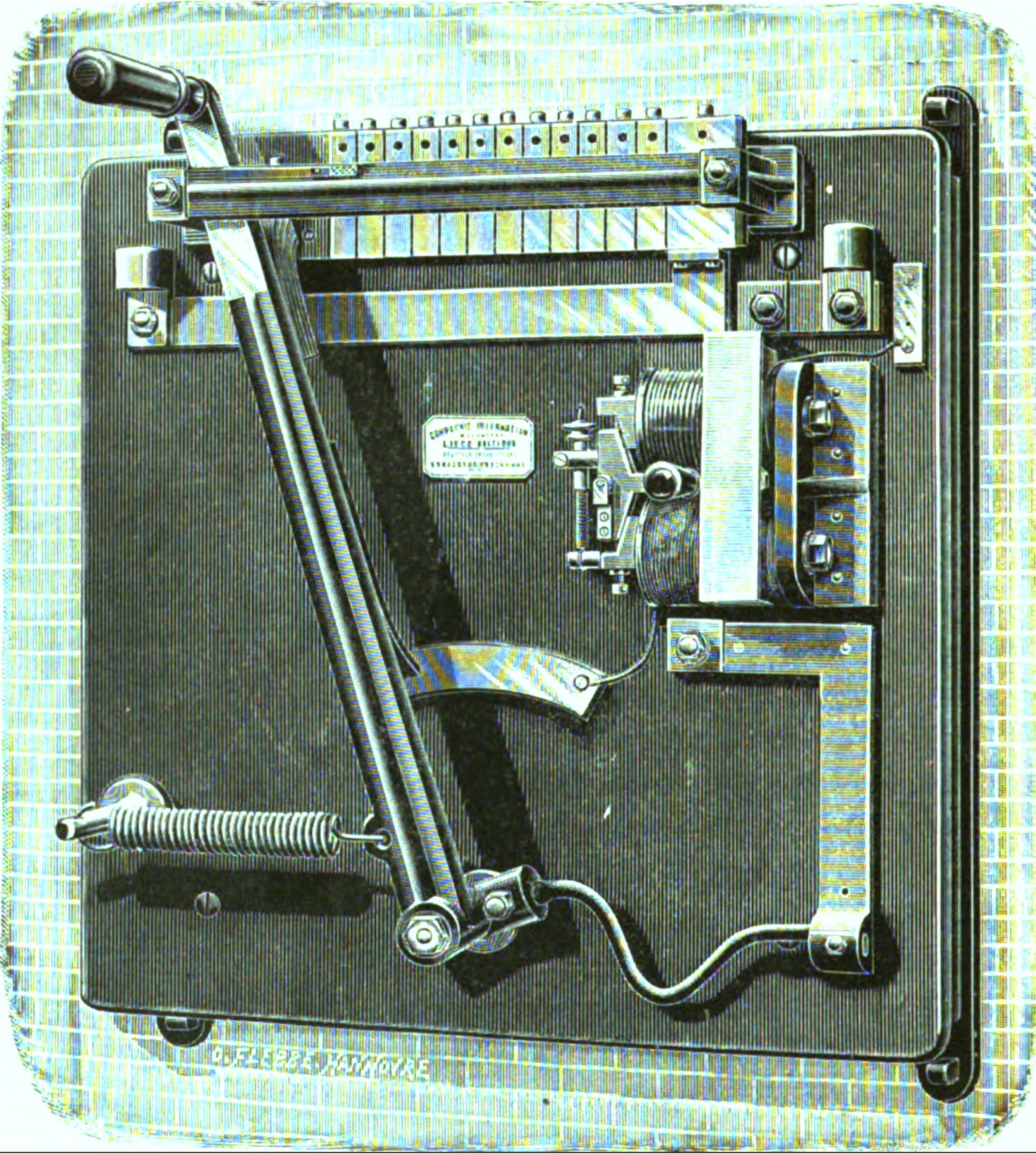
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`



L'Éclairage électrique

Digitized by Google

9292
.602

Fine Hall
ANNEX
Fall, 1983

Library of
Princeton University.

Brackett Library

Palmer Physical Laboratory

Presented by
Stephen S. Palmer
David B. Jones
Thomas D. Jones

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITÉ

PARAISSANT TOUS LES SAMEDIS

DIRECTEUR :

P.-H. LEDEBOER

Docteur ès-sciences

BUREAUX :

3, rue Racine, 3

ABONNEMENTS :

UN AN :	FRANCE et ALGÉRIE :	50	francs.	—	UNION POSTALE :	60	francs.
SIX MOIS :	—	—	28	»	—	—	32	»
TROIS MOIS :	—	—	15	»	—	—	17	»

TOME PREMIER

PARIS

AUX BUREAUX DU JOURNAL

3, RUE RACINE, 3

—

1894

Digitized by Google

Digitized by Google

1re Année Samedi 15 Septembre 1894. N° 1

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITÉ

24, RUE CHAUCHAT, PARIS

Directeur P. H. LEDEBOER, Docteur ès-sciences

SOMMAIRE : Du pouvoir éclairant des projecteurs de lumière électrique, W. Tchikoleff et W. Turin. — L'Electricité à l'Exposition de Lyon, Ch. Jacquin. — Sur la propagation des perturbations électriques, J. Blondin. — Extraits de la presse industrielle. — L'industrie minérale. — Le développement de l'enseignement industriel aux Etats-Unis. — Le plus petit tramway électrique du monde. — Nouveau fumivore. Sur la réflexion des oscillations hertziennes, par L. Zehnder. — Calcul des coefficients d'induction, par M. Guye. — Mouvement des corps diélectriques par MM. Graetz et Fromm. — Sur le pont de Wheatstone, par M. Price. — Bibliographie. — Chronique.

DU POUVOIR ÉCLAIRANT

DES PROJECTEURS DE LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

La question des projecteurs électriques est, depuis l'Exposition de Chicago, à l'ordre du jour. Des controverses très animées se sont élevées sur les mérites respectifs des deux systèmes en concurrence : les projecteurs aplanétiques du colonel Mangin, exposés dans la section française, et les projecteurs paraboliques allemands.

M. Blondel a consacré, l'année dernière, plusieurs articles très savants à ce problème délicat, mais il ne l'envisage qu'au point de vue théorique.

Depuis ces articles, la maison Schuckert, de Nuremberg, qui s'est fait une spécialité des projecteurs paraboliques, a produit, à l'Exposition d'Anvers une série de ses appareils, vraiment admirables par la perfection du travail et des effets optiques, obtenus par des méthodes rigoureusement scientifiques.

Il nous a semblé, en l'état, intéressant de traduire, pour le public scientifique qui n'est pas familiarisé avec la langue russe, le seul ouvrage, basé sur une expérience de dix ans, et résumant de longues recherches théoriques et pratiques, qui ait encore paru sur la matière, et qui émane d'une autorité, M. le professeur Tchikoleff, ingénieur de la section technique de l'artillerie russe.

Bien que cet ouvrage date déjà de trois à quatre ans, il nous a paru être encore tout à fait d'actualité, et surtout pouvoir être désormais le guide de tous ceux qui, s'intéressant à la construction de ces appareils, voudraient en dégager tout d'abord les éléments théoriques.

(Note de la Rédaction.)

Désirant poser la question de la construction des projecteurs de lumière électrique, ou bien, celle du choix et de l'appréciation de ceux qui sont déjà construits sur un terrain purement théorique, j'ai fait en 1887 un premier essai *caractéristique graphique* de réflecteurs dans une circonstance dont il est fait mention plus loin dans l'introduction. Abordant la description du procédé de détermination du pouvoir éclairant des projecteurs de lumière électrique et n'ayant pas le temps de faire moi-même tous les longs calculs, je me suis adressé à M. W.-A. Turin, candidat de la Faculté physico-mathématique, le priant de me seconder dans cette affaire.

C'est encore à lui qu'appartient surtout l'exposition de la marche des calculs effectués et de la construction des dessins graphiques.

INTRODUCTION

Pour la projection de la lumière électrique à de grandes distances on emploie des systèmes optiques de diverses natures, dimensions, distances focales et d'inégale intensité du courant électrique et de la lumière, c'est-à-dire avec des dimensions du cratère différentes.

Les raisons pour lesquelles les constructeurs de ce genre d'appareils optiques, qui portent le nom général de projecteurs, s'arrêtent à certaines grandeurs de tous les éléments susdits, restent ordinairement inexpliquées; ordinairement ils sont guidés non par des principes théoriques ou des conditions d'éclairage plus avantageuses, mais par différentes considérations d'ordre purement pratique, dont nous ferons mention plus loin.

Les acheteurs de ce genre d'appareils, à ce qu'il paraît, se contentent, dans la plupart des cas, de l'expérimentation des projecteurs qui leur sont présentés, sans entrer dans leur appréciation critique.

241893

(RECAP) 9292 .692 t.1

Digitized by Google

Un représentant habile de telle maison, peut toujours montrer son projecteur, inférieur par le fait, sous un jour plus avantageux, si son concurrent est moins pratique et habile que lui. Des expérimentateurs peu habiles, en manœuvrant différents projecteurs irrégulièrement ou dans des conditions anormales, peuvent obtenir accidentellement un éclairage plus avantageux avec un modèle plus faible.

Nous ne contestons pas l'utilité de l'expérimentation de projecteurs ; au contraire, nous la considérons comme indispensable, seulement *après* l'appréciation théorique du projecteur, qui seule est capable de montrer quel projecteur *doit* être meilleur ; quelle intensité du courant *doit* être employée dans celui-ci, etc. L'expérience devient indispensable déjà par ce fait, que dans les considérations théoriques nous avons affaire à des surfaces géométriques de réflexion et de réfraction précises, alors que dans la pratique elles ont toujours des écarts plus ou moins grands, aussi bien dans les différents systèmes que dans les modèles d'un même système de projecteurs.

Vers 1870, lorsque divers Etats cherchèrent à se pourvoir d'appareils d'éclairage électrique pour les usages de guerre, ceux-ci étaient munis de projecteurs presque exclusivement dans le genre des systèmes catadioptriques de la maison Sautter, Lemonnier et Cie [1]. Visant à ne pas dépasser un certain poids, cette maison a construit un système optique ayant $0^m 55$ de diamètre, et pour embrasser par ce système la plus grande quantité de lumière possible de la source lumineuse, elle adoptait la plus petite distance focale possible, de 0 m. 15, parce qu'il était dangereux d'approcher davantage du verre l'arc voltaïque d'une suffisante intensité de courant.

Lorsqu'on a commencé à construire des machines dynamos capables de produire des courants de plus en plus intenses, deux tendances se sont manifestées pour l'augmentation de l'effet des projecteurs. La première consistait dans la construction de systèmes optiques de grand diamètre ; ces essais, dès le début, ont abouti, pour les systèmes catadioptriques, à un insuccès complet. Ces grands systèmes d'un mètre de diamètre, n'ont pas donné de meilleurs résultats que les moins grands, de 0,m. 50 à 0,m. 55. D'un autre côté, ces projecteurs revenaient à un prix relativement excessif et avaient un poids considérable. La seconde tendance consistait dans l'emploi, avec le système catadioptrique ordinaire, des plus forts courants possibles: de 40 à 50 ampères on a élevé cette intensité jusqu'à 90 et 100 ampères. Ce moyen n'a pas réussi non plus, si l'on juge d'après toutes les expériences auxquelles on peut ajouter foi. L'effet destructeur sur le verre a augmenté et nombre de systèmes catadioptriques se sont fendus, sans que l'on soit parvenu à augmenter l'éclairage à grandes distances. C'était, du reste, inévitable, parce que, en augmentant l'intensité du courant, on n'accroît pas d'une façon sensible la densité de la lumière de l'arc voltaïque ; ce qui augmente, c'est la surface éclairante : le cratère. L'augmentation de ce dernier, dans le système optique à distance focale relativement courte, n'a fait que disperser la lumière inutilement et augmenter l'angle d'éclairement, qui dans le système catadioptrique était déjà trop grand pour les grandes distances.

Le projecteur du colonel français Mangin [1], paru en 1875, a produit la même révolution dans l'éclairage à grande distance, qu'avait produit dans l'artillerie le remplacement des canons ordinaires par les canons rayés. La concentration dans un petit angle des rayons du faisceau lumineux de ce projecteur et la suppression de l'inutile et même nuisible dispersion de la lumière, ont conduit à une considérable augmentation de la portée de l'éclairement et de sa justesse, si l'on peut s'exprimer ainsi. La fixité des limites

[1] Voyez la description de ce système, par ex., dans l'ouvrage « l'Eclairage électrique » de W. Tchikoleff, 1885.

[1] Depuis la venue de cet ouvrage, la maison Sautter et Lemonnier a pu sensiblement réduire les distances focales de ses appareils et même créer des projecteurs de $1^m 50$ de diamètre, comme le fait la maison Schuckert.
N. D L. R.

Digitized by Google

du faisceau lumineux et la répartition relativement uniforme de la lumière dans celui-ci ont permis d'éclairer d'une lumière vive le point visé et de laisser en même temps dans l'obscurité complète les objets ambiants qui ne doivent pas être éclairés.

Le projecteur Mangin doit son succès premièrement, aux considérations et calculs purement théoriques sur lesquels est basée sa construction, et, en second lieu, à ce qu'il a été tenu compte des conditions pratiques dans lesquelles se produit la lumière électrique de l'arc voltaïque. Avant Mangin, les constructeurs de systèmes de projection cherchaient à embrasser le plus grand angle possible de la sphère lumineuse, ce qui serait rationnel s'ils avaient affaire à un point ou à une sphère d'une clarté égale sur toute la surface. Mangin attira l'attention sur ce fait que toute la lumière de l'arc voltaïque se concentre dans le cratère du crayon positif ; la lumière des parties incandescentes des charbons, en dehors du cratère, est relativement tellement insignifiante qu'il ne faut pas en tenir compte du tout. De plus, le cratère envoie dans toutes les directions une lumière d'intensité différente, et de tout l'hémisphère de rayons émanant du cratère il n'y a qu'un certain angle central qui mérite attention. Cependant, pour des raisons d'ordre théorique, Mangin n'est pas parvenu à utiliser entièrement l'angle des rayons lumineux, émanant du cratère ; le fait est que l'ouverture du réflecto-réfracteur de Mangin est strictement limitée. Pour supprimer l'aberration de sphéricité de la réflexion, il faut, (pour une composition déterminée du verre), que le point lumineux se trouve par rapport à la face postérieure réfléchissante du miroir Mangin, approximativement, à une distance double de la distance focale et presque au centre — un peu plus rapproché du miroir — de la face antérieure réfractante du miroir en verre. Citons un exemple grossier : si l'on fait la distance focale égale à la moitié du diamètre du miroir, alors l'épaisseur des bords dans le miroir Mangin doit être infiniment grande. La théorie et la pratique ont indiqué une limite d'un rapport encore beaucoup plus grand des grandeurs susdites, et en effet, dans les miroirs Mangin, la plus petite distance focale est égale aux 2/3 du diamètre du miroir. Des considérations purement pratiques : la possibilité de fabriquer avec succès des miroirs en verre d'une seule pièce, ayant des épaisseurs différentes au centre et aux bords ; leur cherté, le poids du projecteur, tout cela a obligé la maison Sautter, Lemonnier et Cie, de s'arrêter à un projecteur ayant 0 m.90 de diamètre, et, *conséquemment*, 0 m.60 de distance focale. Pour le projecteur Mangin, nous voyons encore une fois que ses dimensions n'ont point été déterminées par le problème du plus avantageux éclairement, mais par des considérations en partie théoriques et principalement d'ordre pratique.

Certes, dans des projecteurs ayant une si grande distance focale, on pouvait se servir sans danger d'un courant électrique et d'une lumière plus intenses, et le grand diamètre joint à une grande distance focale, permettait d'agrandir considérablement les dimensions du cratère, sans dépasser les limites de son augmentation utile, en supposant, bien entendu que la quantité de lumières accroît proportionnellement, sans quoi l'augmentation du cratère est presque toujours nuisible. Encore ici l'expérience a montré ce qu'on pouvait prévoir d'avance : que l'accroissement de l'intensité du courant et de la lumière (du cratère) n'est utile que jusqu'à une certaine limite, dans le projecteur Mangin de 0 m.90 de diamètre cette limite se trouve, à ce qu'il paraît, dans l'intensité du courant de 90 à 100 ampères environ.

L'impossibilité de construire le système Mangin avec une distance focale relativement moins grande, et, par suite, de concentrer dans le faisceau lumineux un plus grand nombre de rayons émanant du cratère, a poussé la maison Schuckert et Cie, de Nüremberg, à tenter la fabrication de miroirs en verre à surface parabolique taillée et polie. En ce moment cette maison produit en gros ce genre de mi-

Digitized by Google

roirs d'environ 1 mètre de diamètre (0 m. 945) avec une distance focale égale à 1/3 du diamètre du miroir (0 m. 310), c'est-à-dire deux fois plus courte que dans le miroir Mangin de diamètre presque égal. La maison Schuckert s'est arrêtée à ces dimensions pour les raisons suivantes purement pratiques : elle a voulu *que le diamètre* de son miroir *ne fût pas inférieur* à celui de Mangin, et que la distance focale fût aussi petite que pouvait le permettre le rapprochement du miroir en verre de l'arc voltaïque d'une telle intensité de courant, qui est accessible aux appareils photo-électriques à vapeur, facilement transportables. Ayant eu l'intention de faire usage d'un courant de 100-120 ampères (et parfois même de 150) la maison s'est bientôt convaincue, par des expériences directes, que l'augmentation de l'intensité du courant et de la lumière (du cratère) au delà de 75 ampères dans les réflecteurs de 0,90 m. à 0 m. 94, est sans utilité pour l'éclairage à grande distance, ce à quoi tout le monde s'intéresse principalement. Ce fait a pu également être démontré par des considérations purement théoriques. De plus, comme nous le verrons plus loin, il a été possible de déterminer théoriquement, que dans un réflecteur ayant une distance focale de 0 m. 30 un cratère de l'intensité de courant de 90 à 100 ampères est inutilement — et peut-être même nuisiblement — trop grand.

C'est en 1877 que l'Administration générale d'artillerie, a fait pour la première fois l'acquisition dudit réflecteur Schuckert. Pour la fourniture du premier exemplaire on a posé des conditions très dures : ce réflecteur devait revenir à plus de 20,000 roubles (1), laquelle somme devait être payée avant l'expérimentation, même dans le cas où celle-ci n'aurait pas été satisfaisante Avant d'accepter ces conditions, il était très important de déterminer d'avance quels peuvent être les avantages de ce nouveau système de projecteur sur celui de Mangin qui avait été en usage en Russie jusqu'à cette époque. C'est à cet effet que l'on a fait usage pour la première fois du procédé décrit plus loin, lequel *caractérise* les propriétés du réflecteur et qui a démontré que l'avantage du nouveau projecteur doit être considérable, *si* sa surface parabolique est exécutée d'une manière précise. Cette dernière question devait être résolue — et elle l'a été — par la voie expérimentale.

Avant de passer à l'exposition de la méthode de détermination du pouvoir éclairant des projecteurs, nous croyons nécessaire de rappeler quelques-uns des phénomènes de la réflexion et de la réfraction de la lumière dans différents projecteurs, et certaines propriétés de l'arc voltaïque produit par un courant continu, ou plutôt de son cratère.

Pour des raisons, qui ne peuvent pas être exposées ici, on s'est arrêté partout en ce moment à des projecteurs qui représentent essentiellement des réflecteurs à surface réfléchissante parabolique, ou bien à surface qui s'en approche ou qui possède ses propriétés (proj. Mangin).

Soit *ac* (fig. 1) une parabole ; F, son foyer, et LL' une droite lumineuse. Dans ce cas, ce seront seulement les rayons lumineux émanant du point F qui, après leur reflexion sur la parabole, prendront une direction parallèle à l'axe *bd*. Les rayons lumineux émanant du point L, situé en dehors de l'axe optique, qui se réflechissent, par exemple, sur les points symétriques *e* et *f* de la parabole, prendront une direction convergente *eg* et *fh*, se couperont plus ou moins près du réflecteur et divergeront ensuite. Il en doit bien être ainsi par ce que l'angle L *e* F sera toujours plus grand

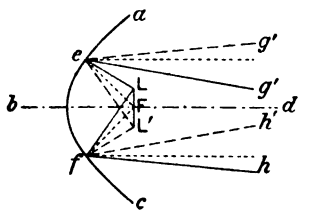


Fig. 1.

(1) Avec tout le matériel moteur et générateur de courant, et un supplément de matériel, dont une grande partie ne pouvait pas être utilisée, comme l'expérience l'a prouvé.

Digitized by Google

que L *f* F. Le même raisonnement s'applique aussi au point L'. Ainsi donc si la source lumineuse du reflecteur parabolique se trouve sur une surface lumineuse, *les rayons lumineux d'un seul point* de cette surface, point précisément qui coïncide avec le foyer, *formeront un faisceau parallèle; tous les autres points* de la surface lumineuse formeront des faisceaux qui *convergeront* d'abord pour *diverger* ensuite.

La fig. 2 montre schématiquement que tous les points de la surface lumineuse situés sur l'axe optique, mais non dans le foyer, forment également des faisceaux qui divergent tout

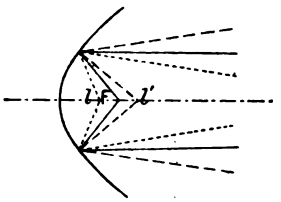


Fig. 2.

de suite, ou bien, des faisceaux convergents qui se coupent et divergent ensuite.

En ce moment on ne peut avoir de bons réflecteurs que sous la forme d'une couche d'argent, déposée sur la face polie du verre (1); ce genre de surface en argent, appliquée sur le verre, réfléchit en moyenne environ 90 o/o de rayons de lumière. Dans ce genre de ré-

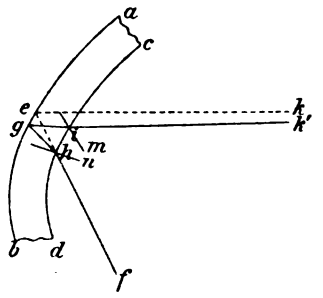


Fig. 3.

flecteurs le phénomène de réflexion se complique par la réfraction et par une aberration particulière. Ainsi, si *ab* (fig. 3) est la couche réfléchissante d'argent d'un miroir parabolique en verre et *c d* la face antérieure du verre, le rayon lumineux *fh*, émanant du foyer du reflecteur, ne prendra pas la direction *f ek*, *ek* étant parallèle à l'axe du réflecteur, mais après avoir subi la réfraction en *h* et en *i* il prendra la direction *ik'*, non parallèle à *e k* et à l'axe. Cela est ainsi parce que les rayons de courbure dans les points *h* et *i* ne sont pas égaux, et partant les angles formés avec les normales *n* et *m*, c'est-à-dire les angles *mik*, et *nhf* ne seront pas égaux entre eux. Au contraire, si l'on avait affaire à des surfaces sphériques concentrique *ab* et *ad*, alors, à cause de la symétrie complète dans le point *h* où le rayon entre dans la masse du verre, et *i*, d'où il en sort, les angles précédents seraient égaux et *ik'* serait parallèle à l'axe. Ce phénomène *d'aberration parabolique* est tellement insignifiant, dans le cas où l'épaisseur du verre n'est pas trop grande et la distance focale trop petite, c'est-à-dire comme cela a lieu dans les réflecteurs dont on se sert ordinairement, qu'en pratique il peut être négligé.

Dans les réflecteurs en verre il y a encore

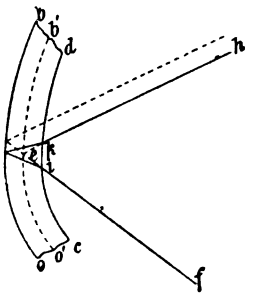


Fig. 4.

à considérer que, pour que le faisceau réfléchi soit parallèle, il faut que *le point lumineux* soit placé *non pas dans le foyer* de la couche réfléchissante *o b* (fig. 4), mais au foyer d'une certaine surface imaginaire *o' b'*, située entre *ob* et *cd* et d'autant plus éloignée de *o b* que le coefficient de réfraction de la masse du verre est plus grand. Cette surface est déterminée par le point *e* situé à l'intersection des pro-

(1) Il ne faut pas la confondre avec une couche d'argent, déposée sur un verre poli, laquelle l'est elle-même et réfléchit les rayons de lumière par sa face extérieure et non par celle qui s'applique sur le verre. Une telle couche, à cause de la ductilité de l'argent et surtout sous l'action du souffre, perd bientôt une partie de son pouvoir réfléchissant.

Digitized by Google

longements des rayons lumineux : de l'incident *fi* et du réflechi *hk*.

Pour faire tomber sur la surface d'un réflecteur de dimensions déterminées la plus grande quantité possible de rayons émanant d'une source lumineuse donnée, on peut se servir de deux procédés suivants. Le premier consiste à diminuer la distance focale, diminution qui se trouve limitée ou bien par les propriétés du réflecteur comme, par exemple, dans le projecteur Mangin, ou bien par suite de l'impossibilité d'approcher du verre l'arc voltaïque au delà d'une certaine limite. En outre, lorsqu'on approche le cratère du verre on se heurte encore à d'autres inconvénients : il est vrai que la quantité totale de lumière que le réflecteur reçoit augmente, mais il la renvoie dans l'espace sous un angle plus grand, et, de plus, la répartition de la quantité de lumière dans les différentes parties de cet angle est d'autant moins uniforme, que la distance focale est plus petite (1). La figure 5 montre un exemple graphique de l'effet de diminution de la distance focale d'une moitié: lorsque de 2/3 de diamètre du réflecteur on la réduit à 1/3, ce cas

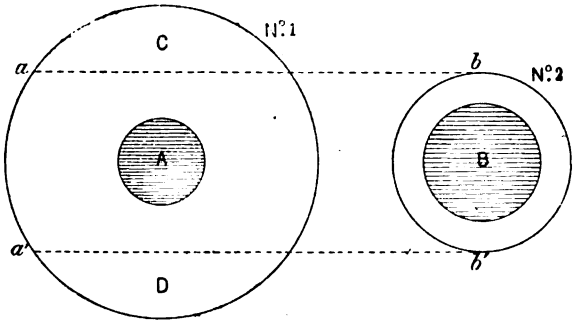


Fig. 5. — Aires de la plus grande intensité d'éclairement et des pénombres d'un reflecteur parabolique.
N° 1 lorsque la distance focale est 1/3 D.
N° 2 id. 2/3 D.

se rapportant, bien entendu, à un cratère de grandeur déterminée.

Par la comparaison de ces deux figures, dont la méthode de construction est décrite plus loin, on voit sur quelle surface relativement grande sont dispersés les rayons lumineux par un projecteur à petite distance focale et combien est relativement petite la surface qu'occupe son éclairement maximum. Bien que l'intensité d'éclairage du cercle A soit beaucoup plus grande que celle du cercle B, comme cela est indiqué par la densité de traits, la largeur de la pénombre autour de A est plusieurs fois plus grande qu'autour de B. On peut supposer que l'éclairage par le faisceau N° 1 sera plus favorable que par le faisceau N° 2, parce qu'il embrasse une étendue plus grande et que la lumière de sa partie centrale est beaucoup plus intense, mais cela on ne peut guère l'affirmer en toute assurance qu'après avoir construit la caractéristique complète du réflecteur, comme nous le verrons plus loin, et aussi après l'avoir expérimenté. La raison en est, premièrement, que la dispersion de la lumière du N° 1 au dessus de la ligne *ab* et au dessous de la ligne *a'b'*, c'est-à-dire les segments C et D de ce faisceau sont en pratique *absolument inutiles*. Si l'angle d'éclairement est de 2° à 3°, comme cela a lieu dans les projecteurs qui sont actuellement en usage, les faisceaux lumineux représentent à grande distance des diamètres d'une telle grandeur, que, dans tous les cas, elle dépasse considérablement nos besoins d'éclairement à direction verticale.

En second lieu, le faisceau lumineux des projecteurs laisse dans l'air une trace en forme de brouillard lumineux, qui paraît d'autant plus épais, que l'atmosphère est moins transparente ; c'est pourquoi, désirant éclairer le point visé le plus fortement possible, c'est-à-dire par la partie centrale du faisceau, nous l'offusquons, par cela même, de toute l'épaisseur de la couche du brouillard lumineux de la pénombre. Ce brouillard lumineux peut être tellement nuisible que, si le but est faiblement éclairé, il peut le rendre complètement invisible, dans le cas même où il serait visible sous un jour plus faible, s'il n'était pas obscurci par la pénombre du faisceau. Il suffit de dire, que le brouillard lumineux que le faisceau forme dans l'air est parfois utilisé pour empêcher l'ennemi d'éclairer le but, car celui-ci, étant éclairé à la lumière d'un projecteur, devient ordinairement

(1) L'inconvénient pratique de ceci sera expliqué plus loin.

Digitized by Google

invisible, si l'on interpose un faisceau lumineux d'un autre projecteur venant de côté.

Toutefois, on ne peut pas dire qu'il soit absolument indispensable de rechercher la répartition uniforme du faisceau lumineux au préjudice de l'intensité de l'éclairement ; l'examen des caractéristiques des projecteurs aussi bien que les expériences assignent sous ce rapport des limites, qui correspondent le plus à l'état ordinaire de l'atmosphère et à d'autres conditions pratiques.

Le second moyen pour envoyer sur la surface du réflecteur la plus grande quantité de lumière possible consiste à placer le cratère dans la position la plus favorable par rapport à la surface et à l'axe optique du réflecteur. A cet effet, dans les projecteurs Mangin on se sert de lampes à charbons inclinés et dans lesquelles le crayon négatif est plus rapproché du réflecteur, comme cela est représenté sur la figure 6. L'axe $a'b'$ forme avec l'horizon un angle de 70° ; l'axe du crayon positif $a'b'$ est parallèle à l'axe cd, seulement ce dernier se trouve plus rapproché du réflecteur d'environ une moitié du rayon du crayon supérieur. Dans ces conditions, le cratère k se trouve à peu près dans la position indiquée sur la figure, et la plus grande intensité de la lumière tombe sur la partie ab du réflecteur ; en même temps tout le réflecteur reçoit du cratère la plus grande quantité de lumière qu'il est possible d'envoyer sur sa surface, à condition que le cratère conserve sa position tout le temps de la combustion des charbons.

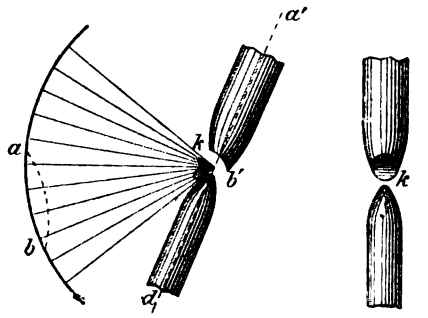


Fig. 6. — Schéma d'une lampe inclinée.

Dans les réflecteurs Schuckert on se sert de lampes à charbons horizontaux dans lesquelles le cratère k (fig. 7) du crayon positif fait face au réflecteur, est situé normalement à son axe optique et envoie la lumière la plus intense sur sa partie annulaire ab. Il est vrai que, dans ces conditions, la partie centrale du réflecteur est couverte par l'ombre du crayon négatif, mais celle-ci occupe une partie tellement insignifiante de toute la surface du réflecteur (ne dépassant pas 1/80) qu'elle peut être négligée.

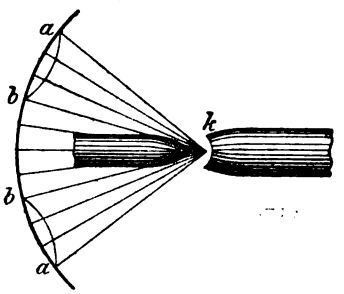


Fig. 7. — Schéma d'une lampe horizontale.

C'est, en effet, la diversité des distances focales qui exige cette différence de position des charbons, attendu que la position inclinée des crayons est plus avantageuse lorsque la distance focale est beaucoup plus grande que la moitié du diamètre du réflecteur, et leur position horizontale est assurément plus avantageuse lorsque la distance focale est moindre que la moitié de ce diamètre. Cela ressort de l'examen des figures suivantes : 8, 9 et 10. La figure 9 représente la répartition relative de l'intensité de la lumière émanant du cratère de l'arc voltaïque suivant différents angles, lorsque les crayons se trouvent dans la position verticale ; elle représentera aussi, approximativement, la même répartition avec des crayons horizontaux, si l'on fait décrire à toute la figure un angle de 90° dans le plan même de la figure. Ici, sur les lignes obliques, où sont inscrits les degrés des angles qu'elles forment avec l'horizontale, on a porté, à partir du cratère k, des longueurs proportionnelles à l'intensité de l'éclairement. Les points extrêmes sont réunis par une courbe continue, qui représente la répartition de l'intensité lumineuse sous tous les angles.

Dans la fig. 10, AK représente l'axe opti-

Digitized by Google

que de trois réflecteurs de 0,90 m. de diamètre, qui sont tous distants de la source lumineuse *k* proportionnellement à leurs distances focales: 0,30 m. (KE), 0,40 m. (KC) et 0,60 m.

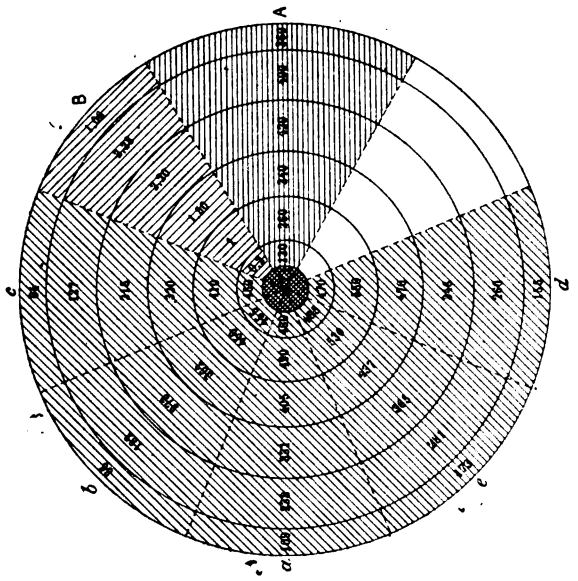


Fig. 8. — La somme des rayons lumineux obtenus avec une lampe horizontale = 242
La somme des rayons lumineux obtenus avec une lampe inclinée = 204
Différence o/o = 18,6

Quantité de rayons lumineux d'une lampe horizontale suivant tous les rayons.

Quantité de rayons émanant d'une lampe inclinée.
a Suivant le rayon horizontal.
b. » » vertical, en haut.
c. » » incliné de 45° »
d. » » » » en bas.
e. » » vertical.

Grandeur relative des aires des zônes.

Partie du reflecteur qui reste inactive soit avec une lampe horizontale, soit avec une lampe inclinée.

(KA). Sur les lignes obliques, qui forment avec l'horizontale des angles de 10°, 20° sont inscrites les intensités lumineuses relatives émanant du cratère *k* suivant les directions correspondantes; de plus, la quantité de lumière qui tombe sur les différentes portions du réflecteur est représentée par la densité relative des traits, le nombre de traits contenu dans chaque angle étant proportionnel à la quantité de rayons lumineux contenus dans cet angle et émanant du cratère *k*. On voit facilement que, dans la position horizontale des charbons, c'est à peine si le réflecteur de 0,60 m. de distance focale peut embrasser sur ses bords la plus grande intensité lumineuse du cratère, alors que le réflecteur à 0,30 m. de distance focale sous-tend encore les angles de 40° à 50°, de 50° à 60° et de 60° à 70°, lesquels sont encore assez riches en rayons lumineux; le réflecteur à distance focale de 0,40 m. est à peu près comme celui de 0,30 m. Certainement, le réflecteur ayant 0,60 m. de distance focale, laissant passer une grande quantité de lumière en dehors de la limite de l'angle de 40°, et recevant toute la quantité de rayons lumineux émanant sous des angles inférieurs à 40°, surtout ceux des angles de 10° à 20° et 20° à 30°, relativement pauvres en ce genre de rayons, ce réflec-

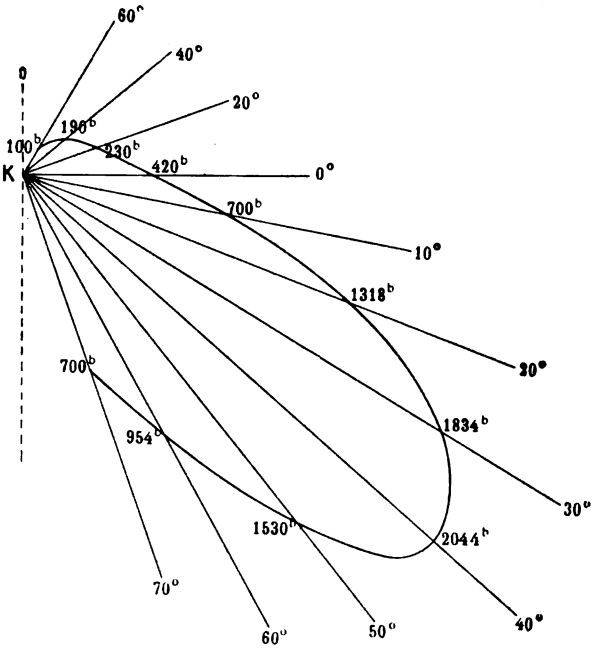


Fig. 9.

Digitized by Google

eur donnera des résultats moins bons, avec des charbons horizontaux. Au contraire, il sera plus avantageux avec une telle disposition du cratère et des charbons où les grands angles avec l'horizontale sont les plus riches en rayons lumineux, comme, par exemple, sur la figure 6.

La figure 8 représente la répartition relative des rayons de lumière envoyés du cratère à l'arc voltaïque sur la surface d'un réflecteur de 0,90 m. de diamètre et de distance focale égale à la moitié de ce diamètre, c'est-à-dire de 0,45 m. La surface est divisée en cercles concentriques, qui représentent des zones correspondant aux angles de 10°, 20°, 30°, 40° 50° et 55°, sous lesquels émanent du cratère les rayons lumineux regardé comme émanant tous de son centre, situé au foyer du réflecteur. Sur les portions de ces zones, suivant la direction OB, les nombres indiquent la grandeur relative des surfaces des zones correspondantes. Les nombres placés dans la direction OA sont proportionnels à la quantité de rayons lumineux qui tombent sur l'unité de surface des zones correspondantes, les charbons étant horizontaux et le cratère dans la position indiquée sur la fig. 7.

Dans les directions *od*, *oe*, *oa*, *ob* et *oc* les zones portent des nombres proportionnels à la quantité de rayons de lumière tombant sur l'unité de surface des portions correspondantes des zones du réflecteur, les charbons étant inclinés et la position du cratère comme sur la figure 6. Ici il faut faire observer en passant qu'une partie seulement des nombres, se rapportant à la direction inclinée des charbons, est basée effectivement sur des mesures photométriques, les autres sont en partie interpolés et en partie calculés par une méthode spéciale de comparaison. Pour la direction *ob* on a pris simplement les moyennes entre les nombres de la direction *oa* et ceux de *oc*, sur les mêmes zones ; la même remarque s'applique à la direction *or* (1). La partie centrale *o* fortement

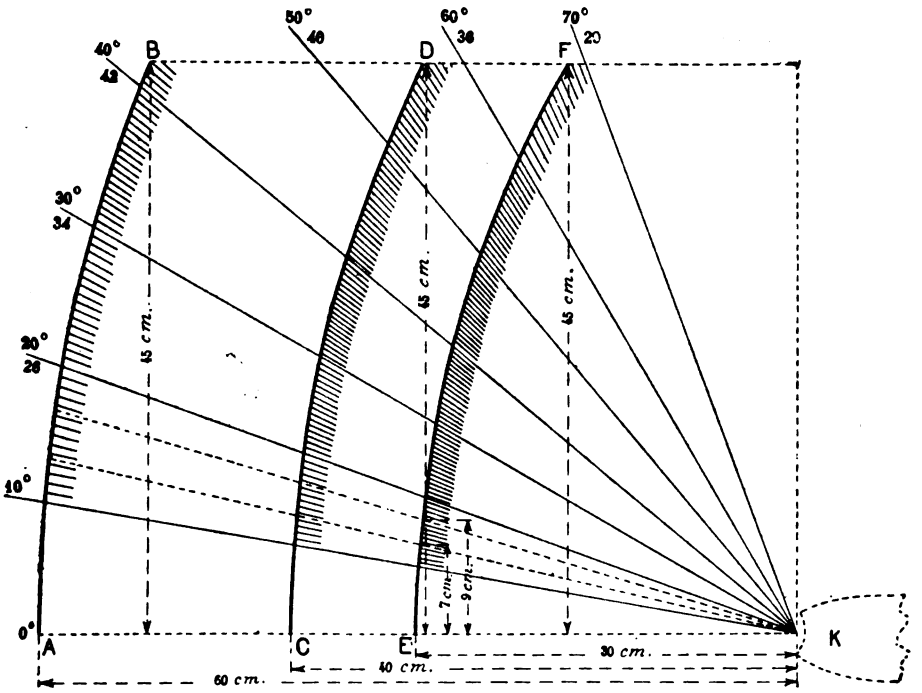


Fig. 10. — Quantité de lumière qui tombe sur des reflecteurs paraboliques de différentes distances focales.
AB parabole de 0m60 de distance focale.
CD » 0m40 » »
EF » 0m30 » »

(1) Des mesures photométriques correspondantes doivent être prises prochainement.

Digitized by Google

ombrée n'entre pas en ligne de compte dans les deux cas, attendu qu'elle ne participe pas à l'éclairement du point visé dans tous les réfecteurs.

En totalisant la quantité relative de lumière, que reçoit la surface d'un réflecteur de 0,90 m. de diamètre, d'une source lumineuse, située à la distance focale de 0,45 m., lorsque les charbons sont horizontaux et lorsqu'ils sont inclinés, on trouve que, dans le premier cas, la surface du réflecteur reçoit 18 o/o de rayon lumineux en plus.

Cet exemple ne peut pas être regardé comme assez concluant, mais, il prouve suffisamment que c'est à peu près lorsque la distance focale est égale à la moitié du diamètre que commence l'avantage de l'emploi des lampes à charbons horizontaux (1). Enfin ce procédé prouve qu'il serait possible de résoudre la question avec une précision suffisante, dès qu'auront été effectuées les mesures de l'intensité de la lumière, envoyée par e cratère dans toutes les directions, avec des charbons à position horizontale et à position inclinée.

Dans la suite, en étudiant les réflecteurs à distance focale moindre que la moitié du diamètre, nous supposerons toujours les charbons en direction horizontale.

(*A suivre*). W. Tchikoleff et W. Turin.

L'ÉLECTRICITÉ A L'EXPOSITION DE LYON

L'Etat n'a pris part à l'Exposition de Lyon qu'à titre d'exposant individuel. La ville de Lyon, elle aussi, s'est contentée — moyennant un certain prélèvement sur le chiffre des entrées — le parc de la Tête d'Or à M. Claret, auquel a été donné le titre de concessionnaire général de l'Exposition. M. Claret s'étant chargé d'organiser et d'exploiter l'entreprise à ses frais et sans aucune subvention municipale ou autre, l'Exposition doit être considérée comme son œuvre personnelle.

Le concessionnaire a eu de ce fait une liberté d'action que n'ont pas, en général, les commissions plus ou moins nombreuses nommées en pareil cas, ce qui lui a permis de mener à bien et d'une façon rapide la lourde tâche qu'il avait assumée.

Placée dans un cadre de verdure, l'Exposition, avec sa coupole, ses bâtiments coloniaux, son lac et ses jardins, forme un ensemble fort attrayant.

Sans avoir l'importance d'une exposition véritablement internationale, elle présente néanmoins un grand intérêts parle nombre et la variété des objets exposés. Elle donne surtout une idée très exacte de l'activité industrielle qui règne dans la région lyonnaise et le Sud-Est de la France.

Ceci dit, nous allons passer en revue les différents appareils et installations de l'électricité que nous avons rencontrés pendant le cours de notre visite à l'Exposition de Lyon, en commençant par la distribution générale d'énergie électrique servant à l'éclairage et à la fourniture de la force motrice dans les diverses parties de l'enceinte du parc.

Dans la partie Est du parc, sur la rive gauche du lac (voir le plan figure 1), a été édifiée la grande coupole A, vaste rotonde de 45751 m² de superficie, qui constitue la pièce essentielle de l'Exposition. Dans le voisinage de la coupole, et sur le bord du lac, se trouvent différents pavillons et jardins qui forment, le soir, avec la coupole, la partie la plus éclairée du parc.

Les autres bâtiments de la rive droite sont fermés le soir, à l'exception du pavillon du Génie civil C. La bande de terrain située sur la rive gauche du lac est occupée par une série de pavillons et villages exotiques, qui restent presque tous ouverts pendant la soirée.

Le concessionnaire devait non seulement assurer l'éclairage général de l'Exposition, mais aussi fournir la force motrice aux ma-

(1) D'après les expériences faites tout récemment en Autriche, l'avantage de l'emploi des charbons à direction horizontale commence même avec des distances focales relativement un peu plus grandes.

Digitized by Google

chines-outils installées sous la coupole et dans les environs. Au lieu d'établir, comme on le fait d'ordinaire, une canalisation de vapeur ou une transmission mécanique desservant les exposants, M. Claret a trouvé plus simple d'actionner toutes les machines en mouvement dans l'Exposition au moyen de moteurs électriques prenant leur courant sur une canalisation générale. Cette canalisation est alimentée

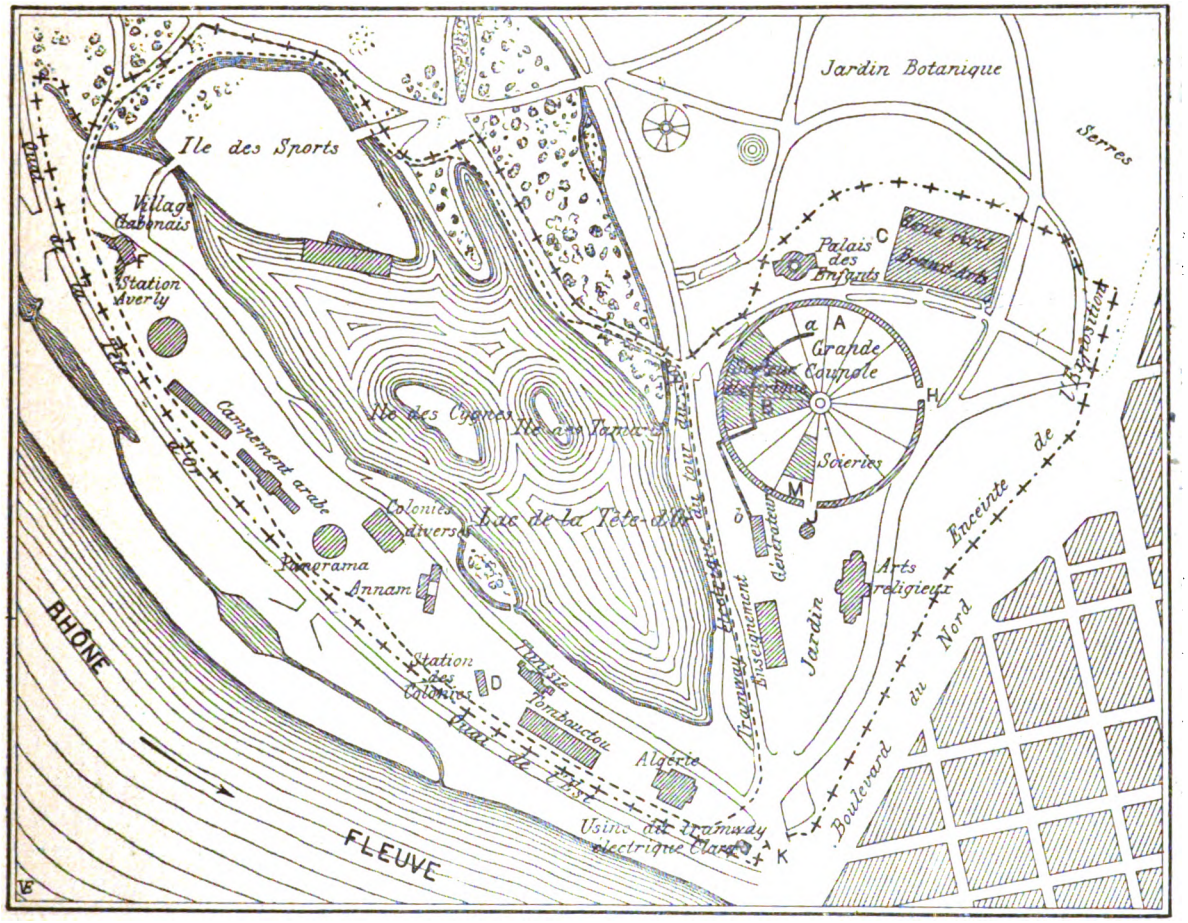


Fig. 1 — Exposition de Lyon. — Plan des canalisations électriques

par des stations électriques-génératrices servant à l'éclairage en même temps qu'à la transmission de force motrice. Cette solution présente de grands avantages : il aurait été difficile et coûteux d'installer une transmission mécanique à l'intérieur de la coupole, tandis que la pose de la ligne électrique a été d'un prix peu élevé et a permis de desservir avec la plus grande facilité les moteurs placés sous la rotonde ou dans n'importe quel emplacement extérieur à la coupole. C'est la première fois croyons-nous, que dans une exposition, le service de distribution de la force motrice est effectué exclusivement au moyen d'un réseau électrique. Cet exemple, mis sous les yeux des nombreux visiteurs de l'Exposition, exercera certainement un effet salutaire sur les industriels, en leur montrant l'avantage qu'ils auraient souvent à employer l'électricité dans leurs usines et ateliers comme agent de distribution de la force motrice.

L'installation électrique de l'Exposition a été confiée en entier à la Compagnie générale des travaux d'éclairage et de force (anciens établissements Clémançon), qui a été chargée également de la direction des services électriques pendant toute la durée de l'Exposition.

Quatre usines différentes concourent à ladis tribution de l'énergie électrique dans le parc:

Digitized by Google

1° Un groupe générateur ou station centrale Bb, située sous la coupole et desservant toute la rotonde, les pavillons environnants et les restaurants disposés sur la berge gauche du lac.

2° Une station C, placée dans le bâtiment du Génie civil pour l'éclairage de ce pavillon.

3° La station D, dite « des Colonies », qui alimente les palais coloniaux et quelques restaurants, et qui est située dans un bâtiment isolé sur la rive droite du lac.

4° La station F, dite « Averly », qui se trouve à la pointe du lac, sur la rive droite et produit le courant nécessaire aux villages exotiques.

Les trois premières usines ont été installées et sont exploitées directement par la « Compagnie générale des travaux de force et d'éclairage », qui a sous-traité avec M. Averly pour l'éclairage d'une portion de la rive droite du lac.

La station de la coupole, la plus importante de toutes, est formée par la réunion de plusieurs groupes générateurs appartenant à des exposants particuliers, et placés à peu de distance les uns des autres, dans le secteur de la coupole réservé à la mécanique et à l'électricité.

Tous les groupes, composés de dynamos et de moteurs, prennent leur vapeur sur une conduite unique *Ba* disposée en arc de cercle à la périphérie du secteur électrique, et partant du bâtiment des générateurs *b*, édifié dans les jardins voisins de la coupole, à 100 mètres environ du secteur électrique. En dehors des moteurs de la station électrique, la conduite de vapeur alimente encore dans la coupole quelques machines à vapeur isolées, placées auprès du secteur électrique et servant à actionner des installations électriques particulières. La salle des chaudières, dont la face antérieure est complètement ouverte, contient 6 générateurs tubulaires placés côte à côte, et comprenant 4 grandes chaudières et 2 petites, installées par 3 constructeurs différents. Chacun des grands générateurs peut fournir 9000 kilogrammes de vapeur à l'heure et chacun des petits 1600 kilogrammes, ce qui donne pour la puissance totale de l'usine une production possible de 38000 kilogrammes de vapeur à l'heure, de beaucoup supérieure à la consommation réelle de vapeur, puisque la puissance nominale de toutes les dynamos de la station de la coupole n'est que de 1500 chevaux, et que les dynamos ne tournent jamais toutes ensemble.

Aussi se contente-t-on d'allumer pendant la journée une petite chaudière, l'autre servant de réserve et les grandes étant au repos. Pour assurer le service du soir, on éteint les petites chaudières et on allume deux des gros générateurs, en gardant les deux autres comme réserve.

La vapeur est à la pression de 12 kilogrammes dans la conduite générale, mais à côté de chaque moteur se trouve un détendeur qui abaisse la pression de la vapeur à 9 kilogrammes. Toutes les machines à vapeur de la station électrique fonctionnent avec condensation. Les pompes Worthington, servant à la condensation, sont installées au milieu du secteur électrique.

Les groupes fournisseurs de courant sont au nombre de quatre, désignés par le nom de l'industriel qui a fourni la machine à vapeur : groupes *Piguet*, *Willians*, *Demange*, et *Buffaud*.

Les groupes Piguet et Willians qui se trouvent tout à côté du tableau général de distribution, pourraient assurer à eux seuls l'alimentation complète du réseau. Mais on a jugé utile d'avoir d'autres groupes servant de secours lorsque les deux premiers sont en marche. De plus, l'on peut ainsi répartir le service journalier entre tous les groupes, de façon à ce que chacun d'eux ne soit laissé en marche que pendant quelques heures. Pendant les heures de jour un seul groupe suffit même pour alimenter tout le réseau de distribution sur lequel ne sont branchés que des moteurs. Le soir, deux groupes sont généralement mis en marche simultanément.

Les 3 moteurs horizontaux à simple expansion du groupe *Piguet* peuvent être rangés parmi les machines à vapeur les plus fortes de l'Exposition.

Le plus petit, dont la puissance est de 150 chevaux et qui tourne à 225 tours, est

Digitized by Google

relié par un plateau à accouplement élastique système Raffard à une dynamo Desroziers de 100 kilowatts, donnant 900 ampères, à la tension de 110 volts. .

Le second moteur, de construction semblable au premier, mais de 300 chevaux, est à marche lente et ne fait que 120 tours par minute. Son axe porte 2 poulies actionnant par courroie 2 dynamos Desroziers placées symétriquement par rapport au moteur, et tournant à la vitesse angulaire de 500 tours par minute. Les 2 dynamos Desroziers, à 6 pôles, peuvent fournir chacune 550 ampères et 110 volts, soit une puissance de 60 kilowatts. Le moteur qui les conduit travaille donc à peine à demi-charge.

En revanche le troisième moteur, qui a une puissance effective de 400 chevaux, marche à peu près à pleine charge, puisqu'il fait mouvoir, au moyen de poulies et de courroies, 2 dynamos Hillairet-Huguet absorbant chacune environ 160 chevaux et fournissant 105 kilowatts. La vitesse angulaire de la machine à vapeur est de 90 tours et celle des dynamos, de 800 tours. Les dynamos à enroulement shunt et à 4 pôles, donnent chacune un courant de 180 ampères, employé à la tension de 500 volts pour l'éclairage par arcs en série.

Les types de dynamos Desroziers et Hillairet sont assez connus pour qu'il soit inutile d'en faire une descriptions détaillée.

Tandis que le groupe Piguet forme une série de 3 moteurs de puissance croissante, le groupe Willians comprend 2 machines à vapeur de 200 chevaux absolument identiques et placées côte à côte. Chaque moteur a son condenseur particulier, système Ledwards, fonctionnant par la pression de l'eau des pompes Worthington et occupant un très faible emplacement.

Sur l'arbre de chaque moteur est directement calé l'induit à tambour d'une dynamo bipolaire de 100 kilowatts, donnant 120 volts et 900 ampères.

Ces 2 machines sont de construction anglaise, l'une est une dynamo Kapp, l'autre une dynamo Crompton; toutes deux appartiennent au même type à induit surbaissé.

On trouve dans le groupe *Demange*, de Lyon, une machine verticale compound à grande vitesse, de 280 chevaux et une machine horizontale à faible vitesse, de 100 chevaux.

La machine pilon est accouplée avec une dynamo Ganz, de Budapest, à 8 pôles, du modèle octogonal ordinaire avec induit central enroulé en tambour. Cette dynamo peut donner 120 volts et 1000 ampères à la vitesse angulaire de 500 tours par minute.

Le moteur horizontal, qui tourne à 120 tours, actionne par courroie une dynamo bipolaire, type supérieur construit par la maison Lombard-Gérin, de Lyon, et fournissant 600 ampères à la tension de 120 volts.

Les dynamos Henrion, du groupe *Buffaud* sont à peu près de même importance que celle du groupe Demange. Leur induit, en forme d'anneau plat de grand diamètre, tourne entre 2 couronnes verticales portant chacune 4 pièces polaires horizontales. La plus grande des 2 dynamos a une puissance de 100 kilowatts et donne 900 ampères et 120 volts; elle est commandée par courroie au moyen d'un moteur horizontal monocylindrique de 200 chevaux.

La seconde dynamo, qui ne fournit que 650 ampères et 120 volts, est également actionnée par courroie, mais reçoit son mouvement d'une machine pilon compound à grande vitesse, de 150 chevaux.

Tous les moteurs et dynamos en marche à l'usine de la coupole, ont été installés aux frais des constructeurs mêmes, qui ont été enchantés de trouver une occasion de montrer en fonctionnement les appareils qu'ils exposaient. Ces industriels ne payent rien à la « Compagnie générale des travaux » ; mais ils n'en reçoivent rien non plus, c'est-à-dire qu'ils transforment gratuitement de la vapeur en énergie électrique. Chaque groupe doit surveiller et régler lui même ses machines, moteurs et dynamos, de façon à fournir à la station un courant de tension sensiblement constante et égale à 120 volts.

Digitized by Google

Le tableau de distribution a été établi par la « Compagnie générale des travaux », au milieu des groupes Piguet et Willians, et à peu près au centre du secteur électrique. C'est un panneau en chêne, long de 6 mètres et haut de 2 m. 50, qui est divisé en deux parties: la haute tension et la basse tension.

La haute tension se compose de 35 circuits, portant chacun un coupe-circuit et un commutateur, et reliés tous en quantité à 2 barres générales de connexion. Ces 2 barres, sur lesquelles sont placés un voltmètre et un ampèremètre, reçoivent le courant des 2 dynamos Hillairet du groupe Piguet, qui peuvent fournir 360 ampères avec une tension de 500 volts. La plus grande partie du courant de haute tension est employée pour l'éclairage de la coupole.

Cet édifice, entièrement métallique, est formé de la coupole proprement dite et d'une galerie circulaire qui l'entoure. La hauteur de la rotonde est de 55 mètres au sommet de la coupole, et de 23 mètres sous la galerie circulaire. La coupole mesure 110 mètres de diamètre et la galerie périphérique 240 mètres de diamètre extérieur. La coupole porte 16 arbalétriers, à la base desquels se trouve un balcon circulaire, auquel on accède par 4 ascenseurs hydrauliques servant au public, et 4 escaliers réservés aux employés du service électrique. Au centre de la coupole s'élève une colonne creuse en plâtre, de 20 mètres de hauteur et 3 mètres de diamètre, surmontée d'une boule de 7 mètres de diamètre.

L'éclairage général de l'intérieur de la coupole est obtenu par 2 couronnes circulaires de lampes à arc, disposées, l'une dans la galerie extérieure et l'autre vers le centre de la coupole. La couronne extérieure se compose de 207 régulateurs Eck de 10 ampères, et la couronne intérieure, de 54 régulateurs Eck de 20 ampères.

Toutes ces lampes à arc sont alimentées par le courant à haute tension, au moyen de 29 circuits, comprenant chacun 9 arcs montés en tension, sur les 500 volts fournis par le tableau de distribution. Les lampes de chaque couronne sont disposées en quinconce, et chacun des circuits fait le tour de la coupole en desservant des lampes assez éloignées l'une de l'autre. Avec cette disposition l'éclairage de la coupole reste toujours régulier, même s'il arrive qu'un circuit se trouve coupé par suite de l'extinction d'une des 9 lampes en série. La porte d'entrée H (fig. 1) de la coupole, située du côté opposé au lac, est éclairée par 9 arcs de 10 ampères en série, formant un circuit à 500 volts.

Le courant de haute tension dessert encore 1 circuit de 9 arcs de 10 ampères en tension, éclairant la porte d'entrée K de l'Exposition située sur le quai de l'Est, ainsi que 3 circuits de 9 arcs de 10 ampères en tension, soit en tout 27 arcs, répartis dans les jardins compris entre l'entrée principale J de la coupole, et la porte K de l'Exposition.

Enfin, la salle de sculpture du palais des Beaux-Arts C est éclairée par un circuit de 9 arcs de 10 ampères, alimenté par le tableau de haute tension.

Au total, le courant de haute tension, qui fonctionne tous les soirs, depuis la tombée de la nuit jusqu'à la fermeture de l'Exposition qui a lieu vers minuit, représente une dépense de courant régulière, 410 ampères à la tension de 500 volts, soit une puissance électrique de 205 kilowatts, fournie par les deux dynamos Hillairet du groupe Piguet, qui tournent tous les jours, sans qu'aucune machine de rechange ait été prévue.

Le tableau de distribution de la basse tension porte 4 paires distinctes de grosses barres de cuivre reliées chacune respectivement aux groupes Piguet, Willians, Demange et Buffaud. Les dynamos à basse tension de chaque groupe sont réunies entre elles en quantité, sur l'emplacement même du groupe, et leur courant est envoyé au tableau de distribution de la station centrale, par 2 gros fils de cuivre nus aériens. Le groupe Piguet comprend 3 dynamos Desroziers et les groupes Willians, Demange et Buffaud possèdent chacun 2 dynamos.

D'autre part, 11 circuits de distribution

Digitized by Google

partent du tableau de distribution. Ces circuits, dans lesquels sont intercalés des interrupteurs et des plombs fusibles, sont réunis par 3 ou 4 en quantité. Le tableau de distribution ne contenant aucun appareil de réglage et chaque groupe fournisseur effectuant son réglage particulier, on obtiendrait une tension très irrégulière en reliant en quantité les groupes fournisseurs, c'est pourquoi on laisse travailler séparément les groupes fournisseurs en service, en branchant sur chacun deux, au moyen de cordons souples à chevilles, un certain nombre de circuits d'alimentation.

Le premier circuit de distribution alimente 8 arcs de 10 ampères, reliés par 2 en tension sur 110 volts, et placés au sommet de la colonne centrale de la coupole, en même temps que 30 lampes à incandescence de 50 bougies, enfermées dans des cabochons en verre de couleur sur le pourtour de la colonne.

Le balcon qui s'étend autour de la coupole est éclairé par 1500 lampes à incandescence de 16 bougies placées à 0,40 m. les unes des autres, et formant 2 circuits distincts.

Les 4000 lampes à incandescence de 16 bougies qui sont fixées le long des 16 arbalètriers de la coupole sont réparties entre 4 circuits différents.

A la périphérie de la galerie circulaire de la coupole, un réseau circulaire aérien a été installé. Sur ce réseau qui est alimenté par 2 circuits ou feeders venant du tableau de distribution, sont branchés des fils de dérivation servant à l'éclairage des exposants et notamment des restaurants placés sur le pourtour extérieur de la coupole. Quelques branchements alimentant des moteurs dans des pavillons voisins de la coupole sont pris sur ce réseau circulaire, qui peut débiter 400 ampères. Ce réseau fournit également le courant nécessaire à l'éclairage de la façade principale H de la coupole (fig. 1). Cet éclairage se compose de 22 lampes à arc de 10 ampères reliées par 2 en série, et de 50 lampes à incandescence de 50 bougies disposées en soleil.

Vers le milieu du rayon de la coupole se trouvent 2 réseaux circulaires reliés chacun à un circuit de basse tension. Le premier réseau qui fournit l'éclairage aux exposants, absorbe environ 200 ampères. Le second, qui alimente les moteurs électriques placés chez les industriels de la coupole, consomme environ 500 ampères.

L'éclairage des salons de la soierie M n'avait pas été prévu au début. Lorsqu'on s'est décidé à l'établir, la canalisation de la coupole étant complètement terminée, il était difficile d'alimenter ces salons par le réseau général de distribution partant de la station centrale, et l'on a préféré relier directement le circuit de la soierie par des câbles isolés au groupe fournisseur Demange. Depuis la fin de juin les salons de la soierie sont éclairés tous les soirs par 30 lampes à incandescence de 500 bougies marchant à 110 volts.

La canalisation de la coupole est constituée sur tout son parcours, qu'il s'agisse de circuits principaux ou de fils de dérivation, par des fils de cuivre nu posés sur des isolateurs en porcelaine fixés sur les fermes métalliques de l'édifice. La pose des fils et des lampes a présenté quelque difficulté dans les parties élevées de la coupole, mais s'est effectuée néanmoins sans aucun accident. Des dispositifs particuliers ont été pris pour faciliter le remplacement des lampes à incandescence des arbalètriers et du balcon.

Les lampes à arc sont suspendues à 9 mètres du sol à un câble passant dans une poulie fixe et dans une poulie mobile et portant un contrepoids. Elles peuvent être descendues facilement en tirant sur leur extrémité inférieure avec une longue perche à crochet.

Pendant toute la soirée des ouvriers du service électrique se tiennent en permanence à l'intérieur de 4 plateformes situées dans les fermes de la coupole, à 10 mètres de hauteur. Ils sont chargés de surveiller l'éclairage et de signaler à la station centrale les extinctions qui pourraient passer inaperçues pour des piétons circulant sur le sol.

L'éclairage à l'intérieur de la coupole, sans être bien intense, produit un effet très satisfaisant parce qu'avant de pénétrer dans la

Digitized by Google

coupole on est forcé de traverser des jardins éclairés très faiblement par quelques lampes à arc ou par les becs de gaz ordinaires du parc. Mais c'est en montant sur le balcon circulaire, à 23 m. d'altitude, qu'on a la vue d'ensemble, la plus curieuse de la coupole et de ses illuminations.

L'éclairage général de la coupole et des jardins représente une consommation moyenne d'environ 260 kilowatts. Cet éclairage est fourni à forfait à la direction de l'Exposition par la Compagnie générale des travaux d'éclairage et de force. Par contre cette Société fait payer aux exposants qui reçoivent l'éclairage électrique une somme variable suivant l'importance de l'éclairage. L'éclairage particulier demande une puissance d'environ 40 kilowatts, c'est-à-dire que la puissance consommée le soir est d'environ 300 kilowatts, car le courant dépensé pour la force motrice est à ce moment presque négligeable.

L'inverse se produit pendant la journée; l'éclairage est à peu près nul et les moteurs seuls absorbent du courant. La dépense varie continuellement et son maximum est de 70 kilowatts. Les exposants qui possèdent des moteurs payent à la Compagnie générale des travaux de force et d'éclairage une redevance de 100 francs par cheval pour toute la durée de l'Exposition. Ce tarif est peu élevé, mais il faut dire que les moteurs électriques installés par la Compagnie générale des travaux de force et d'éclairage ont été prêtés à cette Société par différents constructeurs, tels que Guitton, Lombard-Gerin, Schuckert, Fives-Lille, etc.

La description des 3 autres stations distribuant l'énergie électrique dans l'Exposition fera l'objet d'un prochain article.

(*A suivre.*) CH. JACQUIN.

SUR LA PROPAGATION

DES

PERTURBATIONS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES

1. En juillet 1891 nous faisions paraître dans un article *sur la propagation des perturbations électriques dans les fils métalliques* (1), dans lequel nous discutions les résultats des expériences de Hertz, de M. Lecher et de MM. Sarasin et de la Rive et les comparions aux conséquences de l'électrodynamique de Maxvell. Presque en même temps, M. Raveau, dans une série d'articles intitulés *Recherches récentes sur les radiations électromagnétiques* (2), exposait d'une façon méthodique, très claire et très complète, les nombreux travaux suscités par la découverte de Hertz.

Pendant les trois ans écoulés depuis ces publications, le zèle des chercheurs ne s'est pas un instant ralenti et le nombre des mémoires ou notes relatifs aux oscillations hertziennes parus depuis le milieu de 1891 est fort grand; — nous en avons compté plus de soixante-dix et nous sommes persuadé qu'il nous en est échappé. — Dans une aussi grande abondance de matériaux, il est difficile de se reconnaître. Aussi avons-nous cru utile de profiter de la publication récente d'un ouvrage de M. Poincaré (3) sur ce sujet pour essayer de donner une vue d'ensemble de l'état actuel de la question.

Nous nous bornerons d'ailleurs à l'étude de la propagation des oscillations. Nous commencerons par indiquer les valeurs auxquelles conduisent les diverses théories électriques pour les vitesses de propagation dans le vide, les diélectriques et les fils conducteurs; nous examinerons ensuite les appareils et les méthodes employés pour la mesure expérimentale

(1) *La Lumière Electrique* t. XLI, p. 101.

(2) *La Lumière Electrique* t. XLI, p. 166, 218, 257, 316, 368, 456, 518, 609

(3) *Les oscillations électriques*. Leçons professées à la Sorbonne pendant le premier semestre 1892-93 par *H. Poincaré*, membre de l'Institut, rédigées par *Ch. Maurain*, ancien élève de l'Ecole Normale supérieure, agrégé de l'Université; G. Carré, 3, rue Racine, éditeur; 1894.

Digitized by Google

de ces vitesses; il nous restera alors à comparer ces résultats et à conclure.

Disons immédiatement que les conclusions que nous énoncions en 1891, et qui se trouvaient en concordance parfaite avec les idées de Hertz à cette époque (1) bien qu'elles fussent en désaccord avec les résultats de ses expériences antérieures ont été confirmées par les expériences récentes.

Vitesses théoriques de propagation

2. *Propagation des perturbations électriques dans le vide et les diélectriques indéfinis.* — Dans les anciennes théories, les perturbations électriques sont supposées exercer *instantanément* leurs effets à distance, quelle que soit la nature du milieu isolant qui sépare les conducteurs; la vitesse de propagation dans ce milieu est donc infinie et indépendante de sa nature.

Dans les théories modernes, les actions que l'on observe entre les conducteurs électrisés sont attribuées à des modifications des propriétés du milieu diélectrique qui les entoure. La vitesse avec laquelle se propagent ces modifications doit donc nécessairement dépendre de la nature du diélectrique; en outre, par analogie avec ce qui se passe dans les milieux élastiques dont une région est soumise à un ébranlement, il semble, *à priori*, qu'au moins dans certaines conditions la vitesse de propagation d'une perturbation électrique doit être finie.

Mais les modifications produites dans les propriétés des diélectriques par un champ électrique variable ne sont guère accessibles à l'expérience directe; on se trouve donc réduit à faire des hypothèses dont l'exactitude ne peut être établie que par la vérification expérimentale de leurs conséquences. Si ces hypothèses conduisent à des valeurs différentes de la vitesse de propagation des perturbations, la mesure de cette vitesse pourra permettre de faire un choix entre elles. Or c'est ce qui arrive suivant que l'on part des hypothèses de Maxwell ou de celle de Poisson sur la polarisation diélectrique.

Toutefois cette différence d'hypothèses peut n'être pas la seule cause des divergences dans les valeurs des vitesses de propagation données par les diverses théories. Ces valeurs dépendent en effet du potentiel électrodynamique du système de courants électriques qui circulent dans le champ. Or nous sommes libres de faire toutes les hypothèses qui nous conviennent sur l'expression de ce potentiel pour les courants de *déplacement* ou de *polarisation*, puisque les expériences ordinaires ne nous apprennent rien sur ce point.

La plus simple consiste à admettre que l'expression du potentiel électrodynamique est la même pour les courants de déplacement et les courants de conduction; c'est ce que supposent toutes les théories.

Dans sa théorie, Maxwell suppose en outre que l'électricité est incompressible; il ne peut donc y avoir accumulation d'électricité en aucun point de l'espace. Par conséquent, que le courant soit entièrement de conduction, ou entièrement de déplacement, ou enfin en partie de conduction et en partie de déplacement, il doit toujours être considéré comme un courant de conduction permanent circulant dans un circuit fermé, puisqu'on sait que dans ce dernier cas il ne peut y avoir accumulation de l'électricité en aucun point du circuit quelle que soit la théorie que l'on adopte; c'est ce que Lord Kelvin exprime brièvement en disant que tous les courants doivent être *circuitaux*. Mais alors l'expression du potentiel électrodynamique est déterminée, car les expériences d'Ampère nous apprennent que pour deux courants de conduction d'intensités constantes ce potentiel est

$$T = ii' \int\int \frac{\cos \varepsilon}{r} ds\, ds', \qquad (1)$$

ε étant l'angle formé par les directions de deux éléments $ds\ ds'$ appartenant à chacun des circuits, r la distance de ces éléments et l'intégration étant étendue à l'un et à l'autre circuit.

Avec la théorie ordinaire de la polarisation

(1) *Hertz. Sur la propagation des perturbations électriques. La Lumière Électrique*, t. XLI, p. 251.

Digitized by Google

(celle de Poisson-Mossotti) les courants qui se ferment à travers un milieu électrique ne sont pas circuitaux. Nous sommes, dès lors, forcés de les considérer comme formés de portions de courants non fermés d'intensités différentes, et pour calculer le potentiel électrodynamique de tels courants, il faudrait connaître celui de deux éléments de courant. Malheureusement l'expérience ne nous permet pas d'évaluer l'action d'un élément de courant sur un autre élément, même dans le cas des courants de conduction et, par suite, de trouver le potentiel électrodynamique de ces deux éléments. On peut donc prendre pour ce potentiel une fonction quelconque des quantités qui définissent la position relative des deux éléments, pourvu que l'intégration de cette fonction le long des deux circuits fermés auxquels appartiennent ces éléments conduise à l'expression (1). De là un nombre infini d'hypothèses conduisant à des modes et des vitesses de propagation différentes.

Dans le cas où le milieu est magnétique, il pourrait y avoir de nouvelles divergences entre les diverses théories suivant les hypothèses faites sur la polarisation magnétique. Mais, dans toutes, on admet que le potentiel électromagnétique de deux éléments de courants situés dans un milieu magnétique et égal au produit du potentiel que l'on aurait si ces ces deux éléments étaient dans un milieu non magnétique, multiplié par la perméabilité μ du milieu considéré, perméabilité qui a la même valeur en tout point si le milieu est homogène et isotrope.

3. *Expressions des vitesses dans la théorie de Helmholtz.* — L'hypothèse la plus générale que l'on puisse faire sur le potentiel électrodynamique, celle qui comprend toutes les autres, consiste, ainsi que l'a montré M. Larmor (1), à prendre pour expression du potentiel électrodynamique de deux éléments de courant ds et ds' situés dans un milieu de perméabilité μ

$$\mu\, i\, ds\, i'\, ds' \left(\frac{\cos\varepsilon}{r} + \frac{d^2\psi}{ds\, ds'}\right) \qquad (2)$$

où μ est une fonction de r seulement. Par suite de sa généralité, cette expression doit comprendre celles qui ont été adoptées par Weber, par Neumann et par Helmholtz. On trouve en effet la formule de Weber en posant $\psi(r) = r$; celle de Neumann en faisant $\psi(r) = \text{const.}$; enfin celle de Helmholtz pour $\psi(r) = \frac{1-k}{2} r$.

Prenons l'expression la plus générale (2) tout en conservant à l'ensemble de la théorie le nom de théorie de Helmholtz. Les équations générales de cette théorie peuvent, comme M. Brunhes l'a indiqué (1), s'exprimer à l'aide des notations de Maxwell. Nous pourrions donc les écrire immédiatement, mais il n'est pas plus long, pour le but que nous nous proposons, de les déduire de ce que nous avons dit *sur la théorie de l'électrodynamique*, d'après M. Larmor.

En suivant les calculs des paragraphes 6 et 7 de cet article, on voit facilement que si l'on pose

$$F = \mu \int \frac{u'}{r} d\tau', \quad G = \mu \int \frac{v'}{r} \tau' d, \quad H = \mu \int \frac{w'}{r} d\tau' \qquad (3)$$

où u', v' w' sont les composantes du courant au point x', y', z' de l'élément de volume d_τ' et r la distance de ce point au point x, y, z auquel se rapportent les composantes F, G, H du vecteur que Maxwell appelle moment électrodynamique ou potentiel vecteur, on arrive aux équations (équations (10) avec un changement de notations nécessité par l'introduction de celles de Maxwell).

$$\left.\begin{aligned} P &= -\frac{dF}{dt} - \frac{d\varphi}{dx} - \frac{d^2\chi}{dx\, dt} \\ Q &= -\frac{dG}{dt} - \frac{d\varphi}{dy} - \frac{d^2\chi}{dy\, dt} \\ R &= -\frac{dH}{dt} - \frac{d\varphi}{dz} - \frac{d^2\chi}{dz\, dt} \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

P, Q, R désignant les composantes de la force électromotrice par unité de longueur au point x, y, z, φ le potentiel électrostatique et χ une fonction liée à la fonction ψ de l'expression (2) par la relation.

$$\chi = \mu \int \left(u \frac{d\psi}{dx} + v \frac{d\psi}{dy} + w \frac{d\psi}{dz}\right) d\tau \qquad (5)$$

(1) *Sur la théorie de l'électrodynamique, d'après M. Larmor. Lumière Electrique*, t. XLII, p. 515, 12 décembre 1891.

(1) *Sur la différence entre l'électrodynamique de Helmholtz et celle de Maxwell. Lumière Electrique*, t. XL, p. 15, 4 avril 1891.

Digitized by Google

A ces équations il faut ajouter celles qui découlent des idées de Helmholtz sur la polarisation diélectrique. En premier lieu on a pour les composantes du courant de déplacement, (voir § 2 § 7 de l'article indiqué).

$$\left.\begin{aligned} u &= \frac{K - K_0}{4\pi}\frac{dP}{dt} \\ v &= \frac{K - K_0}{4\pi}\frac{dQ}{dt} \\ w &= \frac{K - K_0}{4\pi}\frac{dR}{dt} \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

K étant le pouvoir inducteur spécifique du milieu et K_0 celui du vide, que Helmholtz prend pour unité dans le système électrostatique. D'autre part nous avons, en exprimant que la quantité d'électricité qui passe pendant le temps dt à travers les faces d'un élément de volume $dx\,dy\,dz$ est égale à la variation de charge de cet élément.

$$\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz} = -\frac{d\rho}{dt} \qquad (7)$$

ρ étant la densité cubique de l'électricité.

Ces équations nous suffisent pour trouver le mode et la vitesse de propagation des perturbations électriques.

Remarquons d'abord que, d'après les équations (3) F, G, H sont les potentiels dus à des matières attirantes ayant respectivement pour densités μu, μv et μw au point x, y, z. La relation de Poisson nous permet donc de remplacer ces équations par les suivantes :

$$4\pi\mu u = -\Delta F, \quad 4\pi\mu v = -\Delta G, \quad 4\pi\mu w = -\Delta H, \quad (8)$$

le symbole Δ désignant la somme des dérivées secondes par rapport à x, y et z.

D'un autre côté on peut remplacer la relation (7) par

$$\frac{dF}{dx} + \frac{dG}{dy} + \frac{dH}{dz} = -K_0\mu\frac{d\varphi}{dt} \qquad (9)$$

En effet $\frac{dF}{dx}\,dx$ est la variation de F pour une variation dx de la coordonnée x du point x, y, z. Par suite de ce déplacement du point x, y, z, au point x', y', z' qui était primitivement à la distance r du premier correspond maintenant un point $x' + dx, y', z'$ où la densité de la matière attirante est $u' + \frac{du'}{dx'}\,dx$. Comme les intégrales (3) sont étendues à tout l'espace, à tout point du volume d'intégration primitivement situé à une certaine distance de x, y, z correspondra un point à la même distance du point $x + dx, y, z$ et situé également dans le volume d'intégration. Par conséquent la valeur de F au point $x + dx, y, z$ est

$$\int \frac{1}{r}\left(u' + \frac{du'}{dx'}\,dx\right)d\tau'$$

et sa variation $\frac{dF}{dx}\,dx$ quand on passe du point x, y, z au point $x + dx, y, z$ est

$$\frac{dF}{dx}\,dx = \mu\int\frac{1}{r}\left(u' + \frac{du'}{dx'}\,dx\right)d\tau' - \mu\int\frac{u}{r}\,d\tau$$

$$= \mu\int\frac{1}{r}\frac{du'}{dx'}\,dx\,d\tau'$$

Par conséquent, on a

$$\frac{dF}{dx} + \frac{dG}{dy} + \frac{dH}{dz} = \mu\int\frac{1}{r}\left(\frac{du'}{dx'} + \frac{dv'}{dy'} + \frac{dw'}{dz'}\right)d\tau'$$

ou, en tenant compte de la relation (7)

$$\frac{dF}{dx} + \frac{dG}{dy} + \frac{dH}{dz} = -\frac{d}{dt}\mu\int\frac{\rho'}{r}\,d\tau'$$

Mais si K_0 est le pouvoir inducteur spécifique du milieu (le vide) qui ne subit pas la polarisation diélectrique, on a

$$\varphi = \int\frac{1}{K_0}\frac{\rho'}{r}\,d\tau'$$

et par suite

$$\frac{dF}{dx} + \frac{dG}{dy} + \frac{dH}{dz} = K_0\mu\frac{d\varphi}{dt}.$$

4. Considérons une perturbation se propageant par ondes planes longitudinales suivant la direction de l'axe des z.

Les ondes étant longitudinales, u et v sont nuls en tout point de l'espace; par suite, d'après (2) ou (8), F et G sont nuls. D'autre part, les ondes étant planes, w et H ne peuvent dépendre que de z et t et non de x et y; il en est de même de φ et de x. Par conséquent les équations (4), (6), (8) et (9) se réduisent à

$$R = -\frac{dH}{dx} - \frac{d\varphi}{dz} - \frac{d^2\chi}{dz\,dt}, \qquad (4')$$

$$w = \frac{K - K_0}{4\pi}\frac{dR}{dt}, \qquad (6')$$

Digitized by Google

$$4\pi\mu w = -\frac{d^2 H}{dz^2}, \qquad (8')$$

$$\frac{dH}{dz} = -K_0\mu\frac{d\varphi}{dt}. \qquad (9')$$

Des équations (4') et 6'), nous déduisons

$$4\pi w = -\left(K-K_0\right)\left(\frac{d^2H}{dt^2} + \frac{d^2\varphi}{dz\,dt} + \frac{d^2\chi}{dz\,dt^2}\right),$$

et en tenant compte de (9') et (8')

$$\frac{1}{\chi}\frac{d^2H}{dz^2} = \left(K-K^0\right)\left(\frac{d^2H}{dt^2} - \frac{1}{K_0\mu}\frac{d^2H}{dz^2} + \frac{d^2\chi}{dz\,dt^2}\right),$$

ou

$$\frac{d^2H}{dz^2} = \frac{K(K_0-K_0)\mu}{K}\left(\frac{d^2H}{dt^2} + \frac{d^2\chi}{dz\,dt^2}\right). \qquad (10)$$

On voit par cette équation que l'expression de H en fonction de z et t dépend de la forme de χ et par suite de celle de ψ. La vitesse de propagation du secteur H, qui d'ailleurs est la même que celle de courant de déplacement comme le montre l'équation (8'), dépendra donc des hypothèses faites sur la forme de ψ. En adoptant celle de Helmholtz, $\psi = \frac{1-k}{2}r$, on peut calculer facilement la vitesse de propagation. En intégrant par parties la relation (5) puis appliquant le théorème de Green, on trouve (formule 21 de l'article rappelé).

$$\chi = -\frac{K_0\mu}{4\pi}\int\frac{d\varphi}{dt}\Delta\psi\,dt, \qquad (11)$$

et en remplaçant $\Delta\psi$ par sa valeur $\frac{1-k}{r}$ et tenant compte de (9'), on obtient

$$\chi = \frac{1-k}{4\pi}\int\frac{1}{r}\frac{dH}{dz}\,d\tau$$

Cette expression montre que χ est le potentiel d'une matière attirante de densité $\frac{1-k}{4\pi}\frac{dH}{dz}$; par conséquent

$$\Delta\chi = -\left(1-k\right)\frac{dH}{dz},$$

et puisque, dans les conditions où nous nous sommes placés, $\Delta\chi$ se réduit à $\frac{d^2\chi}{dz^2}$, il vient

$$\frac{d^2\chi}{dz\,dt^2} = -\left(1-k\right)\frac{d^2H}{dt^2},$$

Si nous portons cette valeur dans (10), nous obtenons

$$\frac{d^2H}{dz^2} = \frac{K^2K(-K_0)k\mu}{K}\frac{d^2H}{dt^2}.$$

équation qui conduit à une vitesse de propagation

$$V = \sqrt{\frac{K}{K_0(K-K_0)k\mu}} \qquad (12)$$

On voit que dans le vide cette vitesse est infinie puisqu'alors $K = K_0$; pour un diélectrique matériel elle pourra être finie mais dépendra de la valeur donnée à k.

Il n'en est pas de même pour les ondes transversales. En effet, si nous prenons pour axe des z une direction parallèle à celle de la propagation, l'hypothèse de la transversalité des ondes donne $w = 0$ et, par suite, $H = 0$. D'un autre côté, les ondes étant planes, u et v ne dépendent pas de x, ni de y, et il en est de même de F et G. Par conséquent, l'équation (9) devient

$$\frac{d\varphi}{dt} = 0 \qquad (9'')$$

et l'équation (11) montre qu'alors χ est nul quel que soit ψ. La vitesse de propagation ne dépendra donc pas de ψ puisque cette fonction n'entre dans les équations du champ que par χ.

Pour avoir cette vitesse, considérons les premières des équations (4), (6) et (8).

$$P = -\frac{dF}{dx} - \frac{d\varphi}{dx} \qquad (4'')$$

$$u = \frac{K-K_0}{4\pi}\frac{dP}{dt}, \qquad (6')$$

$$4\pi\mu u = -\frac{d^2F}{dz^2} \qquad (8'')$$

Eliminant u et P entre ces équations et tenant compte de (9''), il vient

$$\frac{d^2F}{dz^2} = \left(K-K_0\right)\mu\frac{d^2F}{dt^2},$$

et par conséquent la vitesse de propagation est

$$V = \frac{1}{\sqrt{(K-K)^0\mu}} \qquad (13)$$

Comme pour les ondes longitudinales, elle est infinie dans le vide.

5. *Expressions des vitesses dans la théorie de Maxwell.* — La théorie de Maxwell ne différant de celle de Helmholtz que par une divergence de vues sur la polarisation diélectrique, il suffit pour passer des équations que

Digitized by Google

nous venons d'établir à celles de Maxwell, d'examiner quelles modifications éprouvent les diverses quantités considérées quand on se place au point de vue de Maxwell.

En premier lieu, il est évident que nous devons faire $\psi = 0$ dans l'expression du potentiel électrodynamique, puis cette fonction disparait dans le cas des courants circuitaux, les seuls que considère Maxwell.

Cherchons ce que devient K_0.

Pour cela, considérons un condensateur chargé. D'après la théorie ordinaire de la polarisation, une couche d'électricité réelle se trouve sur les armatures et une couche d'électricité fictive sur les surfaces du diélectrique en contact avec ces armatures. La densité de la première est $-\frac{K}{4\pi}\frac{d\varphi}{dn}$, celle de la seconde $\frac{K-K_0}{4\pi}\frac{d\varphi}{dn}$, dn étant un élément de la normale à l'armature considérée. Par conséquent, la somme algébrique de ces densités est $-\frac{K_0}{4\pi}\frac{d\varphi}{dn}$. Puisque Maxwell admet qu'il ne peut y avoir accumulation de l'électricité en aucun point de l'espace, cette somme doit être nulle dans sa théorie ; par conséquent on doit avoir $K_0 = 0$.

Cette conséquence peut paraître en contradiction avec les faits expérimentaux. En réalité il n'en est rien. En effet, si le pouvoir inducteur du vide est égal à 1 dans le système électrostatique, c'est par convention et rien ne nous oblige à conserver cette convention. Nous pouvons choisir toute autre unité de pouvoir inducteur car, par suite de ce choix, les pouvoirs inducteurs du vide et des diélectriques se trouveront modifiés de la même façon et, par conséquent, le rapport du pouvoir inducteur d'un diélectrique quelconque à celui du vide, la seule quantité qui soit déterminée expérimentalement conservera la même valeur. Si nous choisissons une unité telle que sa valeur soit très grande par rapport au pouvoir inducteur du vide, celui-ci se trouvera exprimé par un nombre très petit et nous voyons alors que la polarisation de Maxwell peut parfaitement être regardée comme un cas limite de celle de Helmholtz, celui où $K_0 = 0$.

Les quantités qui entrent dans les équations (4), (6), (8) et (9) étant, à l'exception de ψ et K_0, définies comme le fait Maxwell, nous devons donc retrouver les équations de ce savant en donnant à ψ et K_0 les valeurs que nous venons d'obtenir. On voit immédiatement qu'il en est bien ainsi.

Ces équations étant les seules dont nous nous soyons servi pour arriver aux expressions des vitesses de propagation, nous aurons évidemment les expressions de ces vitesses dans la théorie de Maxwell en faisant $K_0 = 0$ dans (12) et (13). De (12) il résulte que la vitesse des ondes longitudinales est infinie, quel que soit le diélectrique. De (13) on déduit pour les ondes transversales»

$$V = \frac{1}{\sqrt{K\mu}}. \qquad (13\text{ bis})$$

6. *Propagation des perturbations magnétiques.* — L'expérience montre que les actions magnétiques d'un courant de conduction dans l'air sont les mêmes que celles d'un feuillet magnétique dont la puissance est égale à l'intensité i du courant. Cette assimilation conduit à prendre pour potentiel électrodynamique du courant

$$T = i \int\int \left(\alpha l + \beta m + \gamma n\right) d\omega,$$

α, β, γ étant les composantes de la force magnétique, et l, m, n, les cosinus directeurs de la normale en un point de l'élément $d\omega$ d'une surface quelconque passant par le courant et limitée par ce contour.

Nous ignorons comment se trouve modifié ce potentiel quand le courant circule dans un circuit magnétique ; nous avons déjà dit que l'on admet que dans ce cas le potentiel se trouve multiplié par la perméabilité magnétique μ. Par suite, on aura pour un milieu homogène et isotrope

$$T = i \int\int \left(al + bm + cn\right) d\omega, \qquad (14)$$

a, b, c étant les composantes de l'induction magnétique. Nous admettrons en outre que cette expression s'applique aux courants de

Digitized by Google

déplacement, hypothèse adoptée par Maxwell et par Helmholtz, ainsi que nous l'avons déjà indiqué.

En partant de l'expression (2) du potentiel de deux éléments de courant, on arrive pour le potentiel d'un système de courants quelconque à

$$T = \frac{1}{2}\int\int\int \left[u\left(F + \frac{d\chi}{dx}\right) + v\left(G + \frac{d\chi}{dy}\right) + w\left(H + \frac{d\chi}{dz}\right)\right] d\tau,$$

l'intégration étant étendue à tout l'espace (1). Si le système ne comprend qu'un seul courant circuital, cette intégrale se réduit à une intégrale curviligne

$$T = i\int_C \left(F + \frac{d\chi}{dx}\right) dx + \left(G + \frac{d\chi}{dy}\right) dy + \left(H + \frac{d\chi}{dz}\right) dz,$$

qui peut être transformée, par le théorème de Stokes, en une intégrale de surface

$$T = i\int\int \Sigma\, l\left[\frac{d}{dy}\left(H + \frac{d\chi}{dz}\right) - \frac{d}{dz}\left(G + \frac{d\chi}{dy}\right)\right] d\omega,$$

ou après simplifications

$$T = i\int\int \left[l\left(\frac{dH}{dy} - \frac{dG}{dz}\right) + m\left(\frac{dF}{dz} - \frac{dH}{dx}\right) + n\left(\frac{dG}{dx} - \frac{dF}{dy}\right)\right] d\omega.$$

Cette intégrale exprimant la même quantité que l'intégrale (14) qui est étendue à la même surface, il faut que l'on ait

$$\left.\begin{aligned} a &= \frac{dH}{dy} - \frac{dG}{dz}, \\ b &= \frac{dF}{dz} - \frac{dH}{dx}, \\ c &= \frac{dG}{dx} - \frac{dF}{dy}. \end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

On obtient donc ainsi les relations qui, dans la théorie de Helmholtz, lient l'induction magnétique au potentiel vecteur du Maxwell. Comme elles ne contiennent pas x, ce qui ne doit pas surprendre puisqu'on les a obtenues par la considération du potentiel électrodynamique de courants circuitaux, elles doivent se retrouver sans changement dans la théorie de Maxwell; on sait qu'il en est bien ainsi.

Remarquons immédiatement que ces relations conduisent à

$$\frac{da}{dx} + \frac{db}{dy} + \frac{dc}{dz} = 0. \qquad (16)$$

Or, on sait que cette égalité est satisfaite en tout point de l'espace, d'après la théorie ordinaire de la magnétisation, tandis que l'égalité

$$\frac{d\alpha}{dx} + \frac{d\beta}{dy} + \frac{d\gamma}{dz} = 0.$$

n'est pas toujours satisfaite. Cette remarque justifie donc l'hypothèse que l'on fait en adoptant l'expression (14) du potentiel électrodynamique dans le cas des milieux magnétiques.

Une autre conséquence de ces relations est que les perturbations magnétiques se propagent par ondes transversales. En effet, si nous considérons une onde plane perpendiculaire à l'axe des z. F, G et H doivent être indépendants de x et de y; la troisième des relations donne donc $c = o$, ce qui montre que la perturbation est bien dans le plan de l'onde.

Pour trouver la vitesse de propagation de ces ondes transversales, considérons les relations précédentes et les relations déjà établies (4), (6), (8) et (9). De (15) on déduit

$$\frac{dc}{dy} - \frac{db}{dz} = \frac{d^2G}{dx\,dy} + \frac{d^2H}{dx\,dz} - \frac{d^2F}{dy^2} - \frac{d^2F}{dz^2},$$

ou

$$\frac{dc}{dy} - \frac{db}{dz} = \frac{d}{dx}\left(\frac{dF}{dx} + \frac{dG}{dy} + \frac{dH}{dz}\right) - \Delta F;$$

et en tenant compte des égalités (8) et (9), on arrive à la première des équations du groupe suivant :

$$\left.\begin{aligned} \frac{dc}{dy} - \frac{db}{dz} &= 4\pi\mu u - K_0\mu\frac{d^2\varphi}{dx\,dt}, \\ \frac{da}{dz} - \frac{dc}{dx} &= 4\pi\mu v - K_0\mu\frac{d^2\varphi}{dy\,dt}, \\ \frac{db}{dx} - \frac{da}{dy} &= 4\pi\mu w - K_0\mu\frac{d^2\varphi}{dz\,dt}, \end{aligned}\right\} \qquad (17)$$

les deux dernières s'obtenant d'une façon analogue à celle qui a fourni la première.

(A suivre) J. BLONDIN.

(1) *La Lumière Electrique*, t. XLII, p. 519.

Digitized by Google

EXTRAITS DE LA PRESSE INDUSTRIELLE

COMMUNICATIONS

L'Industrie minérale

L'*Industrie minérale*, que vient de publier l'*Engineering and Mining Journal* (1) de New-York, le plus important organe de la métallurgie du monde entier, est un compendium de tous les renseignements les plus complets, les plus récents sur l'industrie des minerais et des métaux. C'est la statistique de 1893 de tous les minerais et métaux et de la production de tous les pays producteurs de métaux. C'est la mise à jour de la situation de toutes les industries minérales métallurgiques et de l'électro-métallurgie.

Le chapitre de l'aluminium nous tient au courant des progrès dans la fabrication elle-même et dans celle des alliages. Nous y trouvons des tours de main pour rendre le cuivre plus fluide et le zinc plus pur par l'addition d'un peu d'aluminium.

L'électro-déposition de l'aluminium des colonnes de fer de la tour de la City Hall de Philadelphie y est décrite. Celle de l'antimoine est non moins intéressante, quoique, au point de vue industriel, il n'y a pas encore eu de résultats à signaler. Borchers fait passer une solution de sulfure de sodium à travers la masse du minerai, puis la soumet à l'électrolyse. Kipp se sert d'une solution de chlorure de fer comme dissolvant, puis précipite l'antimoine par le courant électrique. Ce qui complique beaucoup la question, c'est que les minerais d'antimoine sont toujours aurifiés. L'antimoine de Portugal contient de 2 à 3 onces d'or par tonne. J'en ai vu fréquemment qui rend jusqu'à 5 onces d'or.

Il paraît que les alliages d'antimoine et d'aluminium donnent naissance, avec d'autres métaux à des alliages complexes qui ont des propriétés exceptionnelles. Avec le nickel ou le tungstène, par exemple, l'antimoine donne un métal dur, tenace et élastique. Un mélange d'antimoine lumineux avec de l'argent ou du cuivre est doué d'un poli et d'un lustre remarquable. tandis qu'avec du fer, de l'acier, du nickel ou du chrome, on a un grain très fin, sans soufflure et très dur.

Si la fabrication de l'aluminium par le procédé Castner avait donné les résultats qu'avaient prédits les grands chimistes Sir Henry Roscoe, etc., il est probable que la production annuelle du sodium serait encore au même point où elle était il y a dix ans, alors que les deux seules usines où il s'en faisait, l'une à Patrinoft, en Angleterre, l'autre à Solindres, n'en fourniraient pas 10 tonnes par an.

La Compagnie de l'Aluminium, déçue dans ses espérances et voyant que l'aluminium électrique lui faisait une concurrence écrasante, a renoncé à la manufacture de l'aluminium par les procédés chimiques et s'est mise à faire du sodium par l'électrolyse de la soude caustique à l'état de fusion. L'installation Castner, à Oldbury, comporte plusieurs dynamo de 1,000 ampères; la force électromotrice est de 4 1/2 volts par creuset électrique. La production est de 5 à 6 tonnes par semaine et les applications du sodium, aujourd'hui à très bon marché, sont déjà nombreuses. Il sert à faire du peroxyde de sodium, de l'acide salicylique, de l'indigo artificiel et on a monté une usine près de Francfort pour faire de l'antipyrine au moyen du sodium.

Je passe les chapitres de la Baryte, de l'Amiante, de l'Asphalte. Notons celui de la Bauxite, où il est dit que les mines de l'Hérault et du Var en ont produit 20,000 tonnes en 1893, tandis que celle de l'Irish Hill en a donné 30,000. Les Etats-Unis en importent environ 25,000 tonnes par an et c'est la France qui les fournit en grande partie. Cela tient beaucoup au bon marché du fret qui ne dépasse jamais 2.25 dollars et qui est en moyenne de 1,25 dollar. On l'a même vu à un demi-dollar. Christophe Colomb se serait-il jamais imaginé que le transport d'une tonne de marchandise de Marseille en Amérique coûterait si peu d'argent?

A propos du Bismuth, on cite nos mines de

(1) THE UNIVERSEL INDUCTION by R. P Rothwell. *The Scientific publishing C°*, 253, Broadway, NEW-YORK

Digitized by Google

Maymac dont l'analyse dénote 99 o/o de bismuth. Les Etats-Unis en ont produit *une tonne* en 1885 et c'est là tout.

Les études sur les Ciments, les Argiles, la Tourbe, l'Onyx, le Chrome, les Pierres lithographiques, le Marbre, le Graphite, le Corindon, le Carborundun, le Pétrole, les Phosphates et la Houille m'entraîneraient trop loin. Le livre n'aurait rien perdu à ne pas contenir le long essai de M. Gibson sur la fabrication du Chlore et de la Soude et sur les progrès de l'électrolyse. Des travaux de cette sorte devraient être le monopole des spécialistes, et M. Gibson n'est évidemment pas sur son terrain quand il parle électrolyse.

M. G. Lunge, qui est une autorité dans les questions de chlore et de soude, dit que l'électrolyse des chlorures les produira et que ce qui a entravé le développement des procédés électrolytiques c'est la dépression commerciale et industrielle qui a sévi partout et qui a arrêté l'esprit d'entreprise.

Il est regrettable que Wendlaieff n'ait envoyé que quelques pages sur l'industrie des produits chimiques en Russie; mais il y a beaucoup de choses dans ce que le grand savant nous dit.

La production du cuivre dans le monde entier avait été de 303,000 tonnes en 1892; elle a été de 306,000 tonnes en 1893. L'écart n'est donc pas grand. Les Etats-Unis figurent là-dedans pour 148,000 tonnes, l'Espagne pour plus de 50,000, le Japon pour 18,000, le Chili pour 20,000, l'Allemagne pour 17,000, l'Angleterre pour 500 tonnes. La France n'est pas mentionnée, et cependant elle a du cuivre, et elle en a même beaucoup en Algérie. Mais la richesse minérale d'Algérie ne saurait intéresser personne en France.

La métallurgie du cuivre par E. Peters nous donne des renseignements précis et précieux sur le système gallois et sur les derniers perfectionnements introduits dans la construction des fours à réverbère.

L'électro-métallurgie du cuivre aux Etats-Unis est un sujet qui sans doute est très peu connu, et on sera fort surpris d'apprendre qu'en 1893 on a affiné par l'électrolyse 45.000 tonnes de cuivre Le but qu'on se propose est d'obtenir du cuivre pur et de séparer les métaux précieux qui sont mélangés au cuivre. L'opération coûte environ 75 francs par tonne de matte à 98 o/o. Les trois procédés usités en Amérique sont ceux de Badt, de Smith et de Hayden.

Le premier, connu sous le nom de multiple, repose sur un dispositif d'anodes en cuivre impur et de cathodes en cuivre pur reliées en multiple. Les électrodes sont verticales dans des bacs en bois doublés de plomb. Il y a toujours une cathode de plus que dans le total des anodes.

Dans le système Smith, les électrodes sont horizontales, une toile entre les plaques intercepte et reçoit les impuretés, l'or et l'argent.

Les plaques du système Hayden sont verticales et aucun tissu ne les sépare. Daprès une modification, elles sont en série et à l'exception de la première et de la dernière, toutes les anodes sont reliées ensemble et les cathodes pareillement pour ne former qu'une masse sans électrolyte entre elles.

Les bacs ont 3 mètres de long et 1 de large et de haut. Il y en a 5 par rangée et il y a généralement 12 rangées par batterie, que traverse le courant d'un dynamo 1000 ampères et 60 volts. Avec 6 batteries, on dépose 40 tonnes de cuivre par jour, ce qui fait 1200 par mois.

C'est trop que d'avoir 15 ampères par pied carré; la qualité du cuivre en souffre et l'argent se rend à la cathode. C'est trop peu que de n'en avoir que 2. La densité du courant est de 10 ampères en Amérique. La circulation s'effectue à raison de 26 litres par minute.

La méthode Siemens et Halke, qui repose sur une lixiviation suivie d'une électrolyse de la solution additionnée de sulfate de fer ne semble pas avoir réussi.

Le traitement des minerais de cuivre par le procédé Thofern est signé Hippolyte Fontaine.

C. Hoepfner décrit lui-même le sien, qui est basé sur l'emploi des chlorures. Il fait pas-

Digitized by Google

ser une solution de chlorure de cuivre à travers le minerai; il y ajoute du sel et du chlorure de sodium, puis il en précipite l'argent et les autres métaux, puis il électrolyse la solution de cuivre qui reste. La force électro-motrice qu'il emploie varie entre 0,6 et 0,8 volt. 1 ampère-heure ne précipite que 1,18gr. de cuivre quand l'électrolyte est une solution de sulfate de cuivre; il en précipite le double si on substitue le chlorure au sulfate parce qu'une molécule de chlorure cuivreux renferme deux fois plus de cuivre qu'une molécule de sulfate de cuivre. 1 cheval-vapeur avec une force motrice de 0,6 et 25 ampères par mètre carré produit en 24 heures 60 kilos de cuivre. Hoepfner dit qu'au minimum il peut déposer 1 tonne de cuivre par tonne de charbon qu'il consume. Je ne puis qu'indiquer la partie qui a trait à la pratique actuelle de concentration et d'extraction du cuivre, mais les spécialistes y trouveront des renseignements utiles.

L'or et l'argent n'ont pas été négligés, mais ce n'est qu'au point de vue de la quantité qu'il en est question dans la *Mineral Industry*. Dans cette statistique, je relève qu'en 1893 les mines du Witwatersrand ont fourni 1 million 500 mille onces d'or, ce qui, à raison de 100 fr. l'once, représente une belle somme.

L'année 1893 a été désastreuse pour l'industrie de la fonte aux Etats-Unis. Sur 253 hauts-fourneaux, elle en a vu s'éteindre 116, ce qui représente la formidable proportion de 45,8 0/0.

La production, qui avait été de 9 157 000 tonnes en 1892, tomba en 1893 à 7 124 502 tonnes.

La fonte Bessemer est descendue de 4 millions 444 041 tonnes à 3 568598 tonnes, et l'acier Bessemer de 4 168 165 tonnes à 3 millions 123 524 tonnes. Le ferro-manganèse, les rails, les constructions, tout à souffert comme jamais ne l'avait fait l'industrie sidérurgique et on n'a établi en 1893 que 2629 milles de chemins de fer, tandis qu'en 1892, il y en avait eu 4428 d'établi.

Le travail de M. Howe sur les perfectionnements à introduire dans la métallurgie du fer et de l'acier est plus que curieux, c'est un précieux enseignement.

Tout comme pour le fer et l'acier, il y a eu une grande diminution dans la production et la valeur du plomb et de l'argent. Les chiffres et les diagrammes de la *Mineral Industry* sont d'une éloquence navrante. Ce sont les Etats-Unis qui produisent le plus de plomb, 187 mille tonnes. L'Espagne les suit de près, 175 mille tonnes, puis viennent l'Allemagne, 100 000, le Mexique, 60 000, l'Italie 22 000, l'Angleterre 30 000, la Grèce 14 000, la Belgique 10 000, l'Australie 9 000 et la France 6655.

L'étude, au point de vue industriel et technique du plomb se termine par un exposé très complet des progrès les plus récents apportés dans la désargentation du plomb. Ces questions-là, quand on veut les étudier dans les livres, on n'arrive jamais à les connaître, parce que la plupart des livres sur le plomb datent d'au moins 5 ou 6 ans. La *Mineral Industry* est la mise à jour de tout ce qui s'est fait en métallurgie, et quand on l'a lue, on est au courant du progrès accompli et de la situation commerciale et industrielle.

Il me resterait à parler de l'étain, du soufre, du zinc et de bien d'autres sujets qui m'entraîneraient trop loin, même si je me contentais de les effleurer, puis j'aurais encore à résumer pays par pays la situation minérale et métallurgique du monde entier. J'en ai assez dit pour indiquer les mérites de la *Mineral Industry*. Celui qui résumera ou condensera les faits et les chiffres que contient cet ouvrage pour en faire une petite brochure en français rendra service à nos industriels et à nos métallurgistes.

E. A.

Le développement de l'Enseignement industriel aux Etats-Unis

On s'accorde volontiers en France à constater chez les Américains un esprit d'initiative à côté duquel le nôtre fait certainement bien triste figure. On leur rend aussi cette justice de reconnaître qu'ils n'épargnent aucun effort,

Digitized by Google

qu'ils ne reculent devant aucun sàcrifice pour augmenter chez eux le niveau intellectuel et mettre à la hauteur de l'esprit d'initiative l'esprit scientifique qui, jusqu'ici, a fait au plus grand nombre quelque peu défaut. Les Américains, ils ont quelquefois la franchise de le reconnaître et nous ne le savons que trop pour notre part, sont plutôt des adaptateurs, des metteurs au point, si on peut s'exprimer ainsi, que des chercheurs dans le sens absolu du mot. En gens politiques, ils ont vu où le bât les blessait et cherchent à éliminer ce point faible de leur organisation si remarquable, si pleine de sève et de vie, si digne en un mot d'un peuple jeune et appelé sans aucun doute à de hautes destinées.

Mais si nous n'ignorons pas en France l'existence de ce mouvement, nous sommes généralement peu fixés quant à ses proportions exacts. Aussi, croyons-nous que les renseignements suivants, qui résultent de l'analyse du rapport annuel publié par l'*Ecole des Mines de Michigan* seront examinés avec quelque intérêt.

Le passage de ce rapport que nous voudrions mettre en lumière est relatif à la comparaison des différentes universités et écoles donnant d'une manière générale, l'enseignement industriel, au point de vue du nombre d'élèves ayant suivi leurs cours dans ces dernières années.

Voyons d'abord la progression en ce qui concerne plus particulièrement l'électricité. La pépinière la plus importante pour cette branche est la *Cornell University*, sur les bancs de laquelle s'asseyaient déjà, en 1888-89 cent vingt-six futurs ingénieurs électriciens. Et depuis cette année, quelle progression rapide, si l'on en juge par la courbe de la figure ci-après qui résulte du tableau suivant :

Années	Nombre d'élèves élect.
—	—
1888-89	126
1889-90	172
1890-91	214
1891-92	250
1892-93	257

Le mouvement ascensionnel pour cette université tend, il est vrai, à se ralentir, de même qu'en ce qui concerne les élèves ingénieurs civils, au nombre de 126 en 1892-93. Seuls, les élèves ingénieurs mécaniciens sont en progression sensible, passait de 250 en 1891-92 à 289 en 1892-93.

Puis vient la *Lehigh University*, dont la progression est encore plus rapide, comme le montre la courbe II, correspondant au tableau suivant :

Années	Nombre d'élèves élect.
—	—
1887-88	23
1888-89	»
1889-90	75
1890-91	91
1891-92	»
1892-93	145

Vient ensuite, la *Purdue University* (courbe III) avec, en

Années	Nombre d'élèves élect.
—	—
1889-90	37
1890-91	78
1891-92	»
1892-93	122

Puis le *Massachussets Institute of Technology* (courbe IV), dont l'enseignement spécial à l'électricité semble le plus ancien parmi les écoles mentionnées dans le rapport, puisqu'il remonte à 1882-83. A cette époque, 18 étudiants s'étaient déjà fait inscrire dans cette spécialité. En raison, sans doute de cette ancienneté, le *Massachussetts Institute* paraît arrivé actuellement à un régime sensiblement constant qu'il est à peu près seul à présenter et dont témoignent les chiffres suivants :

Années	Nombre d'élèves élect.
—	—
1882-83	18
1885-86	52
1888-89	91
1889-90	105
1890-91	108
1891-92	105

La même observation s'applique d'ailleurs

Digitized by Google

aux autres branches professées dans cette école : mines et mécanique.

Mentionnons encore : l'*Ohio State University*, avec, en

Années	Nombre d'élèves élect.
1891-92	31
1892-93	65

Le *College of New-Jersey* :

Années	Nombre d'élèves élect.
1890-91	10
1891-92	20
1892-93	48

L *University of Kansas* :

Années	Nombre d'élèves élect.
1889-90	8
1890-91	14
1891-92	28
1892-93	44

L'*University of Visconsin* :

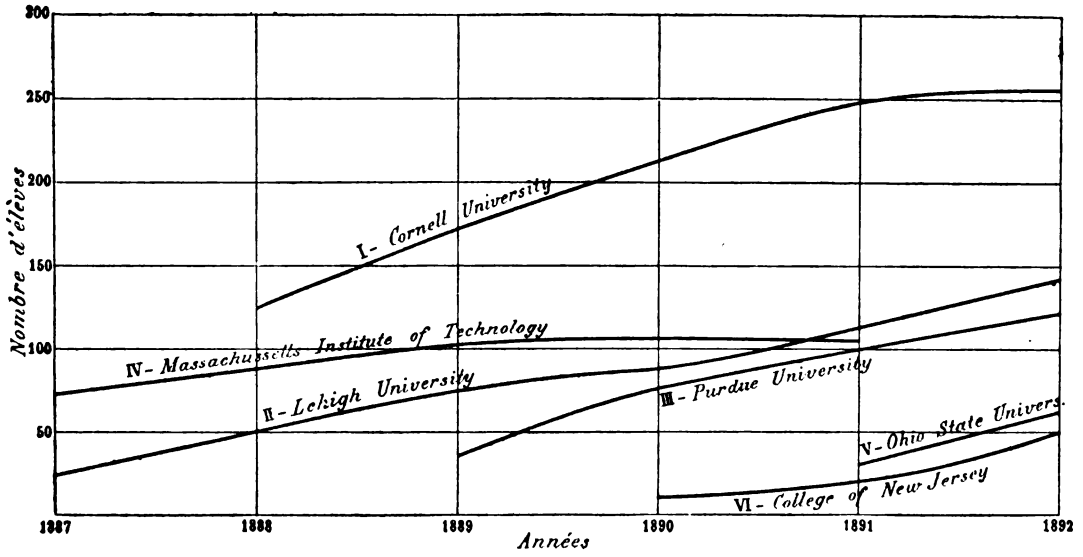
Années	Nombre d'élèves élect.
1890-91	9
1891-92	15
1892-93	32

etc., etc., toutes présentant un mouvement de progression énorme et qui ne paraît pas devoir se ralentir de sitôt.

Si nous passons maintenant à la comparaison de l'état actuel des diverses écoles pour les différentes branches industrielles, nous obtenons le tableau récapitulatif suivant, qui s'applique aux seules écoles comprenant plus de *cinquante élèves* dans la spécialité considérée.

Ingénieurs civils

RANG	NOM DES ÉCOLES	NOMBRE D'ÉLÈVES	ANNÉE correspondante
1	Rennsselaer Polytechnic Institute	185	91-92
2	Lehigh University	154	92-93
3	Cornell University	126	92-93
4	University of Michigan	96	91-92
5	College of New-Jersey	93	91-92
6	Columbia College School of Mines	92	92-93
7	University of Illinois	87	91-92
8	Massachussetts Institute of Technology	81	91-92
9	Purdue University	69	92-93
10	Ohio-State University	59	91-92
11	University of California	52	91-92
	Nombre total d'élèves.	1.094	



Ingénieurs des mines

RANG	NOM DES ÉCOLES	NOMBRE D'ÉLÈVES	ANNÉE correspondante
1	Michigan Mining School	92	92-93
2	Lehigh University	64	92-93
3	Columbia College School of Mines	52	92-93
	Nombre total d'élèves.	208	

Digitized by Google

Ingénieurs mécaniciens

RANG	NOM DES ÉCOLES	NOMBRE D'ÉLÈVES	ANNÉE correspondante
1	Cornell University.	289	92-93
2	Stevens Institute of Technology	210	91-92
3	Rose Polytechnic Institute	139	91-92
4	Michigan Agricultural College.	127	90-91
5	Worcester Polytechnic Institute	119	91-92
6	Lehigh University.	105	92 93
7	Massachussetts Institute of Technology	102	91-92
8	University of Illinois . . .	88	91-92
9	Purdue University.	87	92 93
10	University of Michigan .	73	91-92
11	University of Pennsylvania	68	91 92
	Nombre total d'élèves.	1.407	

Ingénieurs électriciens

RANG	NOM DES ÉCOLES	NOMBRE D'ÉLÈVES	ANNÉE correspondante
1	Cornell University.	257	92-93
2	Lehigh University	155	92-93
3	Purdue University.	122	92-93
4	Massachussetts Institute of Technology.	105	91-92
5	Ohio-State University . .	53	91-92
	Nombre total d'élèves.	692	

En ce qui concerne ce dernier tableau, une remarque frappante est à faire, qui montre bien notre état d'infériorité actuel : Pas une de nos écoles spéciales ne pourrait y figurer, étant donné que pas une des quatre ou cinq auxquelles est dévolue chez nous la mission de former des ingénieurs électriciens, ne saurait réunir cinquante élèves de cette spécialité pour laquelle la seule université de Cornell peut mettre en ligne plus de 250 futurs ingénieurs.

G. C.

Le plus petit tramway électrique du monde

Les Américains ne se contentent plus de posséder *les plus grands* échantillons de l'industrie humaine ; ils tiennent aussi, paraît-il, à détenir le record dans le sens opposé. Témoin la description suivante du *plus petit tramway électrique du monde*, que publie notre confrère l'*Electrical Engineer* de New-York.

Sur la rive du lac White Bear, à trente kilomètres environ de Saint-Paul, Minnesota, se trouve Dellwood, un des lieux de villégiature des habitants de Saint-Paul.

Entre la station de chemin de fer et une des plus belles résidences de Dellwood, qui en est éloignée d'environ 180 mètres, se trouve à coup sûr le plus petit tramway électrique actuellement capable de transporter des voyageurs, et au besoin leurs bagages.

La longueur de la ligne est d'environ 200 mètres, et le matériel consiste en une voiture qui supporte le moteur, et en deux autres voitures que la première peut remorquer. Chacune de ces voitures a une longueur de 1.50 m. sur une largeur de 0,60 m. Les rails sont espacés de 35 centimètres ; il sont en acier à T, et pèsent 12 kilogrammes par mètre. La voie est établie sur un plancher en sapin de 5 centimètres d'épaisseur surélevé au-dessus du sol de 50 centimètres environ par des sortes de tréteaux.

On a renoncé dans cette installation au système de prise de courant par fil aérien et par trolley, et on a eu recours au système du « troisième rail » qui est ici constitué tout simplement par une mince bande de fer clouée sur une bande de bois placée entre les deux rails et sur laquelle vient frotter un contact glissant.

La station génératrice située à l'extrémité de la ligne, contient le moteur, le générateur électrique et les instruments de réglage et de mesure. Le moteur est une machine à pétrole de deux chevaux Shipman, et actionne une dynamo compound Perret de deux chevaux, qui, à l'allure de 1500 tours par minute, produit un courant de 15 ampères sous 110 volts. Le moteur à pétrole tourne à 375 tours par minute et, étant entièrement automatique ne nécessite presque aucune attention, pas plus, au reste, que la dynamo.

Sur une des parois de cette salle des ma-

Digitized by Google

chines minuscules se trouve le tableau de réglage et de distribution et qui comprend, voltmètre et ampèremètre Weston, rhéostat d'excitation, lampes témoins, interrupteurs. Du tableau, le courant est amené par des conducteurs aux rails extérieurs, à la bande d'acier constituant le troisième rail, et aussi à l'habitation principale qui est complètement éclairée à l'électricité, l'éclairage et les expériences de traction du jeune Archie n'ayant pas lieu en général, simultanément. A la salle des machines, est accolée une autre pièce qui sert à remiser les véhicules pendant la nuit et en hiver.

La voiture motrice est actionnée par un moteur de 1 cheval, transmettant le travail aux roues par double réduction de vitesse.

La transmission fonctionne d'ailleurs presque sans aucun bruit.

Un rhéostat convenablement placé à l'une des extrémités du véhicule permet de faire varier à volonté la vitesse, et un plomb fusible complète l'installation.

La voie est à peu près droite, mais elle comporte deux fortes rampes de 10 et 16 o/o respectivement. La voiture motrice traînant les deux autres véhicules, chacun chargé de deux adultes et d'un enfant, gravit la plus forte de ces rampes avec la plus grande facilité.

Avec la voiture motrice et l'une des deux autres, chargées toutes deux, et partant de la station génératrice, le trajet total est effectué en 20 secondes.

Nouveau fumivore

M. J. Hinstin a fait une intéressante communication à la Société des Ingénieurs civils de France, sur un nouveau foyer fumivore appliqué aux fours industriels, aux chaudières à vapeur et au chauffage domestique.

Le foyer sur lequel il a exposé le principe de son système fonctionne depuis près de deux années sur un four à briques réfractaires, et briques en grès blanc de kaolin, dépendant de l'exploitation des kaolins de l'Allier, de la forêt domaniale des Colettes, située entre Montluçon et Gannat. Son but n'a pas été d'établir dans cette lointaine forêt un système fumivore. Il se proposait d'élever la température de la cuisson des briques, de diminuer la proportion des incuits, et de réaliser des économies sur la dépense en charbon. Il a cherché à obtenir, par des moyens nouveaux, la combustion rationnelle et complète du charbon, en serrant de plus près qu'on ne l'avait encore fait, les principes mêmes de la combustion. Il y est arrivé et a obtenu, par surcroît, la fumivorité comme conséquence de la combustion rationnelle et complète qu'il recherchait.

Il signale d'abord le résultat obtenu : cuisson à haute température, suppression presque complète des incuits, économie de 34 o/o sur le combustible.

Quant à la fumivorité, elle est absolue. En plein feu, à l'allure la plus active, la cheminee paraît absolument inactive ; au moment de la charge faite avec une brouettée de 80 kilog. de charbon de Commentry, l'aspect de la cheminée n'est en rien modifié ; mais on peut ensuite, en dérangeant le système, faire sortir des torrents de fumée intense, puis au commandement, la faire disparaître de nouveau en remettant le système en place. L'expérience est saisissante autant que concluante. Elle a été faite avec le même succès à Paris, sur un fourneau de cuisine de « la Ménagère », transformé suivant le système.

Le nouveau foyer n'est autre chose qu'un foyer ordinaire complété par deux annexes : l'une en avant, pour lui permettre de mieux effectuer la combustion rationnelle des gaz distillés ; l'autre en arrière, dans laquelle le coke doit achever de se brûler. L'ensemble forme donc trois parties : le foyer proprement dit, qui est un foyer ordinaire, au centre ; l'avant-foyer, placé en avant, dans lequel on charge le combustible ; et l'arrière-foyer où se finit la combustion.

M. Hinstin explique que la fonction, et en même temps la particularité de l'« avant-foyer, » est d'obliger le mélange intime de l'air et des

Digitized by Google

gaz combustibles à s'effectuer par le renversement, avant qu'ils ne passent au-dessus et à proximité du charbon incandescent capable de les brûler.

Le foyer proprement dit n'a d'autre particularité dans le système que sa position entre ses deux annexes. Sa fonction est de fournir une masse centrale incandescente qui fournit la chaleur nécessaire à la distillation du combustible dans l'avant-foyer, à la combustion du mélange gazeux, comme on vient de le dire, et au chauffage de l'arrière-foyer qui a besoin d'être tenu à haute température pour remplir le rôle spécial qui lui incombe dans le système.

M. Hinstin démontre que l'arrière-foyer brûle en acide carbonique le coke qui se présente en couche mince, sous l'influence d'une quantité d'air réglée, dans un milieu maintenu à une haute température ; puis, que la chaleur obtenue par la combustion en acide carbonique est conservée, grâce à une plaque de séparation appropriée qui empêche le refroidissement par l'accès de l'air extérieur d'une part, tandis qu'une voûte concentre, d'autre part, la chaleur produite sur les parties qu'il est utile de maintenir incandescentes.

M. Hinstin ne pense pas que, même dans ces conditions favorables, la combustion puisse cependant être toujours complète.

Il montre que la combustion complète doit constituer une dernière opération spéciale, et que le système nouveau l'effectue à l'aide des dispositions particulières données à la voûte de l'avant-foyer et au mur d'autel de l'arrière-foyer ou leur prolongement, ainsi qu'à la voûte de l'arrière-foyer. Il explique comment ces organes servent à réchauffer, puis à effectuer la rencontre de deux couches d'air qui serrent entre elles tous les produits de la combustion, de façon à enflammer à leur point de rencontre, tenu à une aussi haute température que possible, tous les produits combustibles : fumées, carbures, oxyde de carbone, etc., qui avaient pu échapper à la première combustion.

M. Hinstin donne quelques détails de construction facilitant la bonne application du système, en insistant sur la manière dont on peut diminuer la température au point où s'effectue la seconde combustion finale, dans le cas où la trop rigoureuse application du système élèverait celle-ci à un point supérieur à ce qui est nécessaire pour produire l'inflammation, et qui serait nécessaire à la bonne conservation des organes.

Il montre ensuite, à titre d'exemple, un certain nombre des transformations qu'il a fait subir à l'appareil primitif pour se plier aux nécessités des nombreuses et diverses applications des foyers.

Les applications sont divisées en trois groupes : celui des fours industriels, celui des chaudières à vapeur et enfin le chauffage domestique.

Dans le second groupe, M. Hinstin présente :

1° Une chaudière à bouilleurs extérieurs dans laquelle il s'est préoccupé de conserver le rendement maximum en vapeur et de préserver les bouilleurs des coups de feu trop vifs ;

2° Une chaudière à foyer intérieur qui présente une garniture réfractaire développée tout autour du point sur lequel doit se faire l'inflammation des produits de la seconde combustion à la suite de la grille ;

3° Un foyer de locomotive, dans lequel la disposition particulière des voûtes sert de terme de comparaison avec celle du foyer Ten-Brinck.

Le groupe du chauffage domestique comprend un poêle à feu continu et combustion lente dont le combustible est complètement enveloppé d'air et qui brûle son oxyde de carbone sur le foyer lui-même.

M. Hinstin présente en même temps un petit appareil, dit auto-régulateur de tirage, destiné à être posé dans les cheminées pour forcer le tirage à se faire, malgré les refoulements de la cheminée.

M. Hinstin a produit dans tous ces appa-

Digitized by Google

reils une prise d'air arrivant sous le foyer qui donne de l'activité au tirage autant que si on avait une fenêtre ouverte.

La forme des grilles adoptées et leurs dimensions ont pour effet de rassembler toujours le charbon de lui-même en une masse favorable à la bonne combustion et qui fournit le maxima de chaleur sous le plus petit volume.

Il explique enfin que la haute température maintenue dans l'ancien foyer par la plaque de séparation et la faible entrée d'air, produit des effets jusqu'ici inconnus dans les foyers domestiques : bonne combustion des cendres, du poussier et de tout combustible, longue durée du feu, économie de combustible. Le système améliore même la qualité du tirage.

Revue des Sociétés savantes

ET DES

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Sur la moyenne distance géométrique des éléments d'un ensemble de surfaces et son application au calcul des coefficients d'induction, par M. Ch.-Eug. Guye.

Les formules développées dans cette Note ont pour but de faciliter la recherche de la moyenne distance géométrique de tous les éléments d'un ensemble de surfaces. Elles permettent le calcul rapide des coefficients d'induction des conducteurs parallèles dans quelques cas présentant un intérêt particulier.

Considérons, en effet, un système de conducteurs parallèles, cylindriques, de section quelconque et supposons que le rayon de courbure soit grand relativement à la dimension transversale de la section du système. On sait alors que le coefficieut de self-induction est très approximativement égal au coefficient d'induction mutuelle de deux conducteurs linéaires, parallèles, de même forme, placés à une distance a l'un de l'autre (1) ; a étant la moyenne géométrique des distances de tous les éléments de la section S, est alors défini par l'expression

$$S^2 \log a = \int\int \log r \, dS' \, dS'',$$

dans laquelle r est la distance de deux éléments de surface $d'S$ et dS''.

De même, le coefficient d'induction mutuelle de deux conducteurs parallèles de section quelconque peut être remplacé par celui de deux conducteurs linéaires placés à la moyenne distance $a_{(1.2)}$ des deux sections S, et S_2 ; $a_{(1.2)}$ étant défini pareillement.

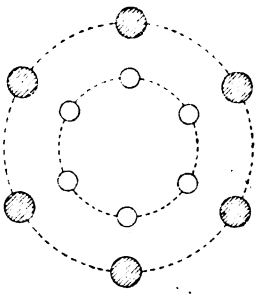


Fig. 1.

$$S_1 S_2 \log a_{(1.2)} = \int\int \log r_{(1.2)} \, dS_1 \, dS^2.$$

Exprimons maintenant la moyenne distance de tous les éléments d'un ensemble de surfaces ($s_1 + s_2 + \ldots + s_n = S$) en fonction des moyennes distances de chaque surface considérée isolément (soit $a_1, a_2, \ldots, a_n$) et des moyennes distances $a_{(1.2)}, a_{(1.3)}, \ldots a_{(n-1.n)}$ des surfaces considérées deux à deux.

En s'appuyant sur les définitions précédentes, on a

$$(1)\quad \log a = \left\{ \frac{s_1^2 \log a_1 + \ldots + s_n^2 \log a_n + 2 (s_1 s_2 \log a_{(1.2)} + \ldots + s_{n-1} s_n \log a_{(n-1.n)})}{S^2} \right.,$$

formule tout à fait générale dans laquelle la parenthèse contient autant de termes que de combinaisons des surfaces prises deux à la fois.

(1) MAXWELL, *Electricité et Magn.*, 4e Partie, chap. XIII et XIV.

Digitized by Google

On aurait pareillement l'expression.

$$(1')\quad \log a_{(1.2)} = \frac{s_{(1)}\, s_{(2)} \log a_{(1.2)} + \ldots + s_{(1)n}\, s_{(2)m} \log a_{[(1)n.(2)m]}}{S_1\, S_2},$$

dont le numérateur renferme les combinaisons que l'on peut former avec les surfaces deux à deux, prises l'une dans le système S_1, l'autre dans S_2.

Dans le cas très fréquent où les conducteurs sont des fils à section circulaire, ces expressions pourront toujours être calculées ; on sait, en effet, que la moyenne distance de tous les éléments d'un cercle est égale à $0{,}7788\,\rho$ (ρ = rayon) et que la moyenne distance $a_{(1.2)}$ de deux cercles n'est autre que la distance des centres. Toutefois, ce calcul devient très long quand le nombre des surfaces va en augmentant ; il n'est donc pas sans intérêt de montrer comment, dans certains cas, ces formules générales peuvent se simplifier.

Soit à calculer la moyenne distance d'un système de n surfaces circulaires, égales et équidistantes, réparties sur une circonférence de rayon R. Un semblable système peut représenter la section d'un câble électrique.

Toutes les surfaces étant égales, la formule (I) devient

$$\log a = \frac{n \log (a_1 + 2 \log (a_{(1.2)}\, a_{(1.3)} \ldots a_{(n-1.n)})}{n^2},$$

et le théorème de Cotes permet de lui donner la forme très simple

$$(II)\qquad \log a = \frac{\log (a^1\, n\, R^{n-1})}{n}.$$

Remarquons, en effet, que, les sections des fils étant circulaires, les moyennes distances $a_{(1.2)_1}, \ldots, a_{(n-1,n)}$ désignent les distances mutuelles des fils.

Soit une circonférence de rayon R divisée en n parties égales AB, BC,..., NA ; soit un point M dans le prolongement du rayon OA ; posant OM$=x$, AM$=x$ — R le théorème de Cotes donne

$$x^n - R^n = MA \times MB \times \ldots \times MN.$$

Divisant par MA et faisant coïncider le point M avec le point A en posant $x=R$, l'équation devient

$$n R^{n-1} = AB \times AC \times \ldots \times AN,$$

dont le second membre est le produit des distances du point A tous les autres sommets. Pour avoir le produit des distances de tous les sommets entre eux, il faut élever cette expression à la puissance n. Il vient alors

$$n \log (n R^{n-1}) = 2 \log (a_{(1.2)}\, a_{(1.3)} \ldots a_{(n-1.n)}),$$

qui, substituée, donne la formule (II).

Un raisonnement analogue permet aussi de trouver la moyenne distance $a_{(1.2)}$ de deux systèmes concentriques, comprenant chacun n surfaces circulaires égales (*fig.* 1). On obtient alors

$$(II')\qquad \log a_{(1.2)} = \frac{\log (R_1^n - R_2^n)}{n},$$

R_1 et R_2 désignant les rayons des circonférences sur lesquelles sont répartis les deux systèmes de surfaces. La moyenne distance $a_{(1.2)}$, et, par conséquent, le coefficient d'induction mutuelle des deux systèmes, sont donc indépendants des diamètres des fils de chaque système.

Comme application des formules (II) et (II'), calculons le coefficient de self-induction d'un câble concentrique rectiligne dont la section est représentée figure 1 ; le système intérieur constitue le conducteur d'aller, le système extérieur le conducteur de retour.

Le coefficient de self-induction pour l'unité de longueur est alors donné par la formule générale

$$L = 2 (\log a^2_{(1.2)} - \log a^1 - \log a_2)\ (^1),$$

dans laquelle il suffit de remplacer $\log a_{1.2}$, $\log a_1$ et $\log a_2$ par leur valeur déduite des formules (II) et (II').

On voit par cet exemple que ces formules pourront parfois simplifier considérablement le calcul des coefficients d'induction, particulièrement lorsque les conducteurs parallèles sont répartis symétriquement autour d'un axe cen-

(1) MASCART et JOUBERT. *Elect. et Magnét.*, t. II, p. 135.

Digitized by Google

tral, comme c'est généralement le cas dans les câbles électriques.

Dans une prochaine note, je publierai les résultats expérimentaux de recherches entreprises pour vérifier l'exactitude de ces formules.

Coefficient de self-induction de n fils parallèles égaux et équidistants, dont les sections sont réparties sur une circonférence, par M. Ch.-Eug. Guye.

Dans une précédente communication (1) j'ai montré comment l'on peut, à l'aide de la moyenne distance géométrique, calculer les coefficients d'induction d'un ou même de plusieurs systèmes concentriques, formés chacun de n fils égaux, parallèles et équidistants, lorsque la section de ces fils est circulaire.

Dans le but de vérifier expérimentalement l'exactitude des formules établies, j'ai déterminé les coefficients de self-induction de deux systèmes de fils parallèles.

Le premier était formé de trois fils égaux de 0,007015 cm. de rayon ; la section du système comprenait donc trois surfaces circulaires équidistantes, réparties sur une circonférence de 50 cm. de rayon et l'ensemble des trois fils parallèles formait un conducteur carré de 103 cm. de côté.

Le second système, absolument analogue, était formé de six fils semblables.

J'ai mesuré les coefficients de self-induction de ces deux systèmes par une méthode déjà connue, qui convient particulièrement à la mesure des faibles coefficients d'induction (2). Elle consiste, comme on sait, à observer l'extinction du son dans un téléphone placé dans la diagonale d'un pont de Wheatstone, les autres branches étant occupées par le conducteur en expérience et par des résistances connues. A la place de la pile se trouve le circuit secondaire d'une bobine d'induction. On intercale, en outre, un appareil à induction mutuelle variable, formé de deux bobines mobiles l'une par rapport à l'autre. L'une des bobines est placée dans la diagonale du téléphone, l'autre dans la branche renfermant la force électromotrice. En manœuvrant convenablement les résistances et l'appareil à induction variable, on rend le téléphone muet et l'on a tous les éléments pour déterminer le coefficient cherché.

Si l'on désigne par r_0, r, r_1, r_2, r_3, r_4 les six résistances du réseau ; par L, L_0, L_1, L_2, L_3, L_4 leurs coefficients de self-induction, et par M le coefficient d'induction mutuelle des deux bobines mobiles, le coefficient cherché L_1 a pour expression.

$$L_1 = M\left(1 + \frac{r_1}{r_2} + \frac{r_1}{r_3} + \frac{r_1}{r_4}\right) + L_2\frac{r_1}{r^2} + L_3\frac{r_1}{r_3} - L_4\frac{r_1}{r_4}.$$

En choisissant pour r_3 et r_4 des conducteurs identiques, la formule se réduit à

$$L_1 = L^2 + M\left(2 + 2\frac{r_1}{r_3}\right).$$

Le conducteur 2 étant un fil replié sur lui-même, son coefficient de self-induction L_2, d'ailleurs très petit, peut être calculé exactement. De même le coefficient M peut se déduire des dimensions et de l'angle des deux bobines ou être mesuré directement par l'expérience. La détermination du rapport $\frac{r_1}{r_3}$ ne présente aucune difficulté.

Toutes corrections faites, cette méthode a donné les résultats suivants :

1er système.	2e système.
$L_1 = 470.1^{cm}$	$L^2 = 4155^{cm}$

D'autre part, j'ai calculé ces coefficients à l'aide de la formule connue, donnant le potentiel mutuel de deux circuits linéaires parallèles de forme carrée

$$m = 8\left[b\log_e\left(\frac{b + \sqrt{b^2 + d^2}}{b + \sqrt{2b^2 + d^2}}\,\frac{\sqrt{b^2 + d^2}}{d}\right) + 2\sqrt{2b^2 + d^2} - 2\sqrt{b^2 + d^2} + d\right].$$

En remplaçant, dans cette expression, la distance d des deux conducteurs par la moyenne distance géométrique a des éléments de la section, on obtient le coefficient cherché.

(1) Ch.-Eug. Guye, *Comptes rendus*, 11 juin 1894.

(2) H.-F. Weber, *Acad. der Wissenschaften*, Berlin ; 1886.

Digitized by Google

La moyenne distance a est, dans le cas particulier, donnée par la formule

$$\log a = \frac{\log (a_1 n R^n - 1)}{n},$$

dans laquelle a_1 représente la moyenne distance des éléments de la section d'un seul fil (soit $0{,}7788\rho$), n le nombre des fils et R le rayon de la circonférence sur laquelle sont réparties les sections des différents fils.

On avait ainsi :

Premier système	Deuxième système
cm	cm
$a_1 = 0{,}005463$	$a_2 = 0{,}005463$
$n = 3$	$n = 6$
$R = 0{,}50$	$R = 0{,}50$
$a = 0{,}1600$	$a = 0{,}3175$
$L_1 = 4656$	$L_2 = 4132$

La différence entre les résultats du calcul et de l'observation est comprise entre $\frac{1}{100}$ et $\frac{1}{200}$; l'expérience confirme donc, comme on pouvait s'y attendre, les précisions de la théorie (1).

Sur les oscillations électriques de petites longueurs d'onde et sur leur reflexion sur les métaux par M. de Righi (2).

Nos lecteurs ont souvenance des importants travaux de M. Righi sur ce sujet. Le savant professeur de l'université de Bologne a repris à nouveau cette étude, en perfectionnant encore une fois ces appareils, ce qui a permis de produire des ondes électriques de très petite longueur d'onde et de pousser plus avant leur comparaison avec les ondes lumineuses.

L'auteur à l'intention de réunir en un seul mémoire, l'ensemble des expériences effectuées par lui sur les oscillations hertziennes, néammoins il tient à faire connaître dès maintenant les deux résultats suivants :

1° Les nouveaux appareils lui ont permis d'obtenir des vibrations électriques dont la longueur d'onde mesurée par la méthode des deux miroirs de Boltzmann, n'est plus que de 2,6 centimètres.

L'oscillateur est sensiblement identique à celui décrit précédement(1), seulement les quatre boules n'ont plus que 0,4 centimètres de diamètre.

Cet oscillateur peut tourner à volonté avec un miroit parabolique autour d'un axe horizontal de façon à ce que le plan de la vibration puisse prendre une orientation quelconque. Cette disposition a été adoptée même pour les appareils plus grands.

Chaque résonnateur est un morceau de verre très mince, large d'environ un millimètre, argenté sur une longueur d'un centimètre et présentant une interruption très fine pour la production des étincelles. Les deux miroirs paraboliques aux foyers desquels sont placés l'oscillateur et le résonnateur sont naturellement assez petits, particulièrement le second qui peut être contenu dans la main presque fermée.

Les effets sont sensibles jusqu'à un demi-mètre de distance entre l'oscillateur et le résonnateur.

L'expérience des nœuds et des ventres fixes qui se forme par la réflexion normale sur une surface métallique très bien, ainsi que la réflexion oblique et la réfraction dans un prisme de paraffine. Le corps reflecteur peut être très petit, par exemple une pièce de dix centimes. Le prisme de paraffine peut n'avoir que les dimensions des prismes ordinaires de l'optique.

2° Dans les notes précitées le professeur Righi avait signalé une curieuse anomalie de la réflexion métallique des ondes électriques.

Contrairement à ce que faisait prévoir la théorie électromagnétique et aux résultats obtenus pour les diélectriques, l'auteur avait trouvé que pour les métaux ces radiations diminuent plus en intensité lorsque les radiations sont perpendiculaires au plan d'incidence que lorsqu'elles sont contenues dans ce plan. Grâce aux modifications introduites dans la construction des oscillateurs, l'auteur a pu

---

(1) Zurich, laboratoire d'Electricité de l'Ecole Polytechnique.

(2) Rendiconti dell Acc. R^e dei Lincei, mai 1894. *Lumière Electrique*, p. 601, vol. XLVIII. 1893. *Lumière Electrique*, p. 401, vol. XLIX. 1893. *Lumière Electrique*, p. 51, vol. L. 1893.

(1) *Lumière Electrique*, p. 401, vol. XLIX.

Digitized by Google

simplifier l'appareil servant à l'étude de ce phénomène et faire un grand nombre d'expériences dans des conditions variées.

M. Righi a tout d'abord reconnu que l'anomalie présentée par les métaux n'avait lieu que pour un angle d'incidence supérieur à une certaine valeur. La cause semble devoir être attribuée à un certain phénomène d'interférence qui se produit entre les radiations directes et les radiations réfléchies. Plus grande est l'incidence, plus difficile il est de constater l'erreur, par suite de l'obligation où l'on est de trop allonger le parcours des vibrations.

L'auteur a ainsi constaté que pour des incidences inférieures à 78° les métaux se comptaient comme le veut la théorie, il ne reste donc aucun doute, sur la perpendicularité entre le plan de polarisation des radiations électriques et la direction de la force électrique. F. G.

Sur la réflexion et la résonance des oscillations hertziennes, par L. Zehnder (1).

Dans un mémoire publié en 1891, MM. Hagenbach et Zehnder (2) indiquaient les résultats de leurs recherches expérimentales sur la nature des étincelles de l'excitateur et du résonateur linéaires et examinaient s'il est possible de les expliquer par les lois ordinaires de l'induction où s'il est nécessaire d'avoir recours à la théorie de Faraday-Maxwell. La rédaction de ce mémoire n'étant pas conforme à ses opinions personnelles, M. Zehnder voudrait, dans le mémoire que nous analysons, donner un exposé précis de ces opinions et montrer qu'elles expliquent bien les phénomènes de réflexion et de résonance.

En premier lieu l'auteur rappelle que l'origine de leurs recherches expérimentales fut l'observation faite par M. Hagenbach, qu'une plaque métallique placée entre les deux miroirs paraboliques de Hertz éteint les vibrations du secondaire non seulement quand on la dispose perpendiculairement aux rayons de force électriques, comme le faisait Hertz, mais encore lorsqu'elle est parallèle à ces rayons. Il reconnaît que la manière dont sont rédigés quelques passages du commencement et de la fin du mémoire cité pourrait faire croire que les auteurs considèrent ce fait comme une grave objection à la théorie de Faraday-Maxwell et qu'il les conduit au rejet de cette théorie. Craignant qu'ils n'aient été ainsi interprétés par M. Hertz (1), M. Zehnder se hâte de dire que la rédaction de ces pages résulte d'une transaction entre M. Hagenbach et lui, leurs opinions sur ce point étant diamétralement opposées. Il ajoute que, pour lui, les remarquables expériences de Hertz démontrent complètement l'existence d'une vitesse de propagation finie des ondes électriques dans l'air, et que, avant d'entreprendre ses recherches, il pensait que le fait observé par M. Hagenbach est dû à des phénomènes d'interférences.

M. Zehnder expose ensuite l'idée qu'il se fait du fonctionnement de l'excitateur d'après le résultat de ses expériences avec M. Hagenbach.

On sait que ces expériences ont montré que les deux moitiés d'un secondaire rectiligne ne prennent pas des charges changeant régulièrement de signes mais qu'elles présentent une certaine «polarité» électrique, changeant de sens en même temps que les charges du conducteur primaire changent de direction. Cette polarité électrique du secondaire, M. Zehnder ne peut, pas plus aujourd'hui qu'autrefois, s'en rendre compte en adoptant les idées de Hertz sur les étincelles primaires, tandis qu'il se l'explique facilement dans l'hypothèse des «décharges partielles» de même sens dont il a été parlé dans le mémoire antérieur. Il adopte donc cette hypothèse.

Mais pour M. Zehnder, l'hypothèse des décharges partielles dirigées dans un même n'est pas incompatible avec un mouvement alternatif de l'électricité dans les conducteurs de l'excitateur. En effet, si l'on suppose que les points

(1) *Wied. Ann.* t XLIX, p. 724-733 (juillet 1893).

(2) *Sur la nature des étincelles des oscillations électriques de Hertz. Wied. Ann.* t. XLIII p 610. Ce mémoire a été analysé par M. Raveau dans son article : *Recherches récentes sur les radiations électro-magnétiques.* (*La Lum. Elec*, t. XLI, p. 519).

(1) Hertz, *Unters. uber d. Ausbreit. d. el. Kraft*, p. 18. Leipzig 1892.

Digitized by Google

d'attache des fils de la bobine d'induction avec les deux conducteurs de l'excitateur rectiligne sont très voisins de la coupure, les électricités iront, au commencement de la charge, de la coupure aux extrémités des conducteurs ; quand la différence de potentiel de ceux-ci sera suffisamment grande une première étincelle éclatera et la recombinaison des deux électricités par cette étincelle donnera lieu à un mouvement des électricités depuis les extrémités de l'excitateur jusqu'à la coupure, c'est-à-dire un mouvement en sens inverse de celui qui avait lieu pendant la charge. Dès que cette étincelle partielle aura cessé les charges apportées par la bobine d'induction se mouvront vers les extrémités de l'excitateur jusqu'a ce que la différence de potentiel soit telle qu'une seconde étincelle partielle se produise, et ainsi de suite. On aura donc un mouvemen alternatif, et si la bobine est suffisamment puissante, la charge des conducteurs ne demandera guère plus de temps que la décharge partielle, de sorte que la durée du mouvement dans un sens sera sensiblement égale à celle du mouvement induit.

Comme on le voit, bien que les idées de M. Zehnder sur la nature des étincelles primaires soient complètement différentes de celles de Hertz, ses vues sur le fonctionnement de l'excitateur linéaire diffèrent peu de celles que l'on admet généralement. Pour atténuer encore cette différence, l'auteur complète son hypothèse des décharges partielles par cette autre : L'intervalle de temps qui sépare le commencement d'une décharge partielle du commencement de la suivante est égal à ce que Hertz appelle durée d'oscillation de son excitateur, et cet interval est divisé en deux intervalles sensiblement égaux par l'instant de la disparition de l'étincelle partielle.

On remarquera que la durée d'oscillation ainsi définie doit nécessairement dépendre de toutes les causes qui influent sur la rapidité des décharges partielles. En particulier elle dépendra de la résistance de la coupure et comme cette résistance est modifiée par le passage des étincelles, la durée d'oscillation variera un peu dans l'intervalle de temps nécessaire à la décharge complète. Cette variation périodique de la durée d'oscillation constitue la différence essentielle entre les opinions de M. Zehnder et celles de Hertz.

Suivons maintenant l'auteur dans les considérations qu'il développe à propos de la réflexion des ondes contre une paroi conductrice.

Les expériences effectuées par Hertz et plusieurs autres expérimentateurs ont établi les deux points suivants : 1° Les positions des nœuds du système d'onde stationnaires ne sont pas nettement marquées ; 2° Le premier nœud est à une distance de la paroi moindre qu'une demi-longueur d'onde.

Il fait d'abord observer que, même dans le cas où la paroi réfléchissante serait parfaitement conductrice et de dimensions infinies, le premier nœud ne doit pas nécessairement se trouver, comme le dit Hertz, à une distance de cette paroi égale à une demi-longueur d'onde. En effet, une vibration de force électromotrice e_1 développe, en arrivant sur la paroi, un courant d'intensité i dans cette paroi. Si l'on suppose la loi de Ohm applicable, la phase de courant est la même que celle de e_1, et la vibration de force électromotrice $e_2 = -\frac{di}{dt}$ induite par ces courants présente une différence de phase de 1/4 d'onde avec e_1 ; si l'on n'admet pas cette loi, il faut supposer un retard du courant sur la vibration e_1 et par suite cette vibration présente alors une différence de phase avec e_1 un peu plus grande que 1/4 d'onde.

La composition des vibrations e_1 et e_2 donne naissance à un système d'ondes stationnaires, dont le premier nœud est à une distance de la paroi de 3/8 de longueur d'onde dans le premier cas et à une distance un peu plus grande dans le second.

Or, les expériences de Hertz confirment complètement cette dernière conclusion puis-

Digitized by Google

que, avec un miroir métallique de grandes dimensions et relié aux conduites de gaz et d'eau, Hertz a trouvé un nœud apparent situé derrière le miroir à une distance de 1/14 de longueur d'onde.

En second lieu, M. Zehnder fait remarquer que, sous l'influence des vibrations électriques, des charges s'accumulent sur les bords d'une paroi métallique de dimensions finies et que ces charges doivent en partie se neutraliser en suivant la face postérieure de la paroi. Par suite, des vibrations peuvent exister derrière une paroi métallique pleine comme derrière un réseau de fils parallèles. Cette transparence des parois devant évidemment être d'autant plus grande que les dimensions sont plus petites, on s'expliquerait ainsi les résultats des expériences de M. Trouton qui montrent que la position du premier nœud dépend des dimensions de la paroi réfléchissante.

D'ailleurs, cette transparence des feuilles métalliques pour les vibrations électriques peut, comme l'a fait l'auteur, être mise en évidence par l'expérience. Deux miroirs paraboliques sont placés en face l'un de l'autre ; suivant la ligne focale de l'un, est disposé un excitateur rectiligne ; suivant la ligne focale de l'autre, se trouve un résonateur rectiligne dont les deux moitiés sont reliées aux électrodes d'un tube de décharge ; immédiatement contre le premier miroir est disposée une feuille de fer-blanc de même hauteur que ce miroir et dont la largeur est telle qu'elle dépasse ses bords de 20 cm. de chaque côté ; quand on fait fonctionner l'excitateur, le tube de décharge s'illumine. Dans une autre expérience, les deux miroirs sont placés l'un à côté de l'autre, leurs ouvertures étant tournées du même côté ; un tube de décharge très sensible, relié aux conducteurs du secondaire, brille quand l'excitateur est mis en jeu bien qu'aucune surface réfléchissante ne se trouve en avant des miroirs.

Il nous reste maintenant à indiquer les vues de M. Zehnder sur les phénomènes de résonance.

Les décharges partielles successives du primaire donnent naissance dans l'espace à des forces électromotrices plus ou moins périodiques produisant des effets tantôt dans un sens, tantôt dans le sens opposé. Supposons qu'une de ces forces électromotrices rencontre un conducteur secondaire formé de deux tiges d'égale longueurs disposées parallèlement au primaire. Elle produit dans ces tiges une certaine distribution de charges électriques dont les valeurs augmentent et diminuent avec cette force électromotrice. S'il en résulte la production d'une étincelle à la coupure du secondaire, les deux tiges se trouvent alors chargées d'électrité, de signes contraires qui tendent à se recombiner en donnant une nouvelle étincelle. Pour certaines valeurs de la longueur des tiges, il peut se faire que la différence de potentiel résultant de leurs charges passe par un maximum au moment où une force électromotrice de signe contraire à la première vient rencontrer le secondaire. S'il en est ainsi, les différences de potentiel s'ajoutent et donnent lieu à une étincelle plus puissante ; de même, l'effet des charges séparées par cette seconde force électromotrice s'ajoutera à l'effet direct de la troisième force électromotrice et ainsi de suite, de sorte qu'on aura une succession d'étincelles plus puissantes que si elles n'étaient dues qu'aux seules forces électromotrices qui arrivent sur le secondaire.

Dans le cas où le secondaire est rond oucarré, il est évident qu'il s'y produira également des phénomènes analogues à ceux qui viennent d'être décrits pour un secondaire rectiligne, pourvu toutefois que les dimensions soient convenables.

Ainsi donc, il résulte de ce mémoire que l'hypothèse des décharges partielles successives dans un conducteur primaire permet d'expliquer les résultats des expériences de Hagenbach et Zehnder sur les secondaires rectilignes ; qu'elle conduit à une explication simple du manque des nœuds dans les ondes d'interférences obtenues par réflexion ; qu'enfin, elle permet d'interpréter les phénomènes

Digitized by Google

de résonance tout aussi bien que l'hypothèse ordinairement admise. J. B.

Sur le mouvement des corps diélectrique dans un champ electrostatique homogène, par L. Graetz et L. Fromm (1).

D'après la théorie de Poisson-Mosotti, un corps diélectrique homogène placé dans un champ électrique uniforme doit toujours se trouver en équilibre, quelles] que soient sa forme, ses dimensions et la position qu'il occupe. Les résultats dés expériences de MM. Graetz et Fromm infirment cette conclusion.

Ces expériences ont montré, en effet, que de fines baguettes et de minces plaques circulaires de diverses substances diélectriques sont déplacées de leurs positions d'équilibre quand on créée autour d'elles un champ électrique uniforme.

Ces baguettes ou ces plaques étaient fixées par une goutte de gomme laque à un tube de verre verni suspendu par deux crochets à un miroir dont le plan faisait un angle de 45° avec l'axe de la baguette ou le plan du disque. Ce miroir faisait lui-même partie d'une suspension unifilaire ou bifilaire. Le champ était produit par un condensateur à plateaux ; dans les premiers essais ces plateaux avaient 30 cm. de diamètre et étaient distants de quelques centimètres; plus tard les expérimentateurs employèrent des condensateurs de Kohlraush dont les plateaux, écartés de 3 cm., avaient 15 cm. de diamètre. Pour éviter autant que possible l'action du champ sur la matière du miroir on disposait celui-ci de manière à ce que son plan fût rigoureusement parallèle aux plateaux quand le condensateur n'était pas chargé.

Les rotations observées peuvent être dues aux actions des charges des plateaux sur les charges de polarisation du diélectrique (actions ayant une résultante nulle d'après la théorie de Poisson) et à celles de ces mêmes charges sur les charges libres que pouvait posséder le diélectrique avant son introduction dans le champ. Les premières sont proportionnelles à l'intensité du champ et aux valeurs des charges de polarisation ; comme celles-ci sont proportionnelles à l'intensité du champ, les actions du premier genre sont proportionnelles au carré de l'intensité, ou, ce qui revient au même, à la différence de potentiel des plateaux. Les secondes dépendent des valeurs des charges libres et sont proportionnelles à l'intensité du champ. Par conséquent on peut poser

$$\varphi_1 = lV + mV^2_1$$

φ étant l'angle de torsion ; V, la différence de potentiel des plateaux; l, un coefficient dépendant de l'électricité libre du diélectrique, et m, un terme dépendant de la polarisation diélectrique.

Si l'on renverse l'électrisation du condensateur, la déviation prend une nouvelle valeur $\alpha_2 = -lV + mV^2$ et l'on voit que $\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = mV^2$. Il sera donc facile de s'assurer si m est nul comme le veut la théorie de Poisson.

Dans le cas où l'électrisation est renversée un très grand nombre de fois par seconde, le miroir prendra une position d'équilibre stable faisant avec sa position initiale un angle α d'autant plus voisin de $\frac{\alpha + \alpha_1}{2}$ que la période du renversement est plus petite par rapport à la durée d'oscillation du système suspendu. On réalise pratiquement ce cas en chargeant les plateaux par les oscillations très rapide de la décharge d'une bouteille de Leyde. Dans les expériences de MM. Graetz et Fromm, la bouteille de Leyde était chargée par une bobine de Ruhmkorff; les décharges passaient à travers un micromètre à étincelles dont on réglait la distance des boules de manière à rendre ces décharges oscillantes; les deux plateaux produisant le champ étaient en dérivation sur le circuit de décharge. En opérant avec une mince plaque circulaire de soufre, ils ont obtenu les résultats suivants pour différentes longueurs d'étincelles :

(1) Wiedemann's Annalen. t. LIII, p. 85-96.

Digitized by Google

Longueurs des étincelles	Angles de déviations
1mm.	37.63
2 —	116 4
3 —	191.7
4 —	316.7
5 —	408 2

Pour vérifier si, comme il résulte des considérations précédentes, la déviation α est bien proportionnelle au carré de la différence de potentiel il eût fallu mesurer les différences de potentiel, maxima correspondant aux différentes longueurs d'étincelles employées. Les auteurs n'ont point fait cette mesure; toutefois ils ont pu effectuer la vérification en question en utilisant les résultats des expériences de Baille et de MM. Bichat et Blondlot sur les différences de potentiel correspondant à différentes distances explosives. Pour cela, ils ont comparé ces résultats à ceux que l'on déduit de leurs propres expériences en admettant que l'on a bien $V = C\sqrt{\alpha}$, C étant une constante. Le tableau suivant permet de s'assurer que la vérification est aussi srtisfaisante qu'on peut le désirer.

Longueurs des étincelles	Valeurs correspondantes de la différence de potentiel		
	d'après Baille	d'aprés Bichat et Blondlot	d'après les expériences de Graetz et Fromm
1mm.....	1	1	1
2 —	1.739	1.708	1.759
3 —	2.447	2.373	2.257
4 — . ..	2.940	2.963	2.901
5 —	3.572	3.497	3.353

La valeur absolue de la différence de potentiel correspondant à une longueur d'étincelles de 1mm. étant de 15.25 unités électrostatiques d'après Baille et de 16.1 d'après MM. Bichat et Blondlot, c'est-à-dire en moyenne 4700 volts, on voit que la vérification s'étend de 4700 à 15300 volts. L'instrument employé pour la mesure des déviations pourrait donc servir comme voltmètre pour la mesure des potentiels entre les limites précédentes.

Dans les expériences sur les diélectriques autres que le soufre, les auteurs ont utilisé les résultats précédents pour simplifier un peu le mode opératoire. Ils auraient pu, en effet, opérer ainsi qu'il a été dit; mais, puisqu'ils ne faisaient aucune mesure de la différence de potentiel, il leur fallait, pour vérifier la loi de proportionnalité de la déviation au carré de la différence de potentiel, s'astreindre à prendre de distances explosisves *égales* à celles étudiées par Baille et par MM. Bichat et Blondlot. Au contraire en construisant deux appareils, l'un à disque de soufre l'autre à disque ou baguette d'un autre diélectrique, placés tous deux en dérivation sur le circuit de décharge de la bouteille de Leyde, il leur suffisait, pour faire cette vérification, de s'assurer que le rapport de la déviation de l'appareil à soufre (qui suit la loi d'après les expériences précédentes) à la déviation de l'autre appareil est constant *quelle que soit la longueur des étincelles*. Ils ont opéré sur deux plaques et deux baguettes de soufre et de paraffine; les plaques avaient toutes 20 mm. de diamètre et ne différaient que par leur épaisseur, la longueur des baguettes était de 20 mm; leur diamètre était variable.

L'expérience montre que le rapport des déviations est, pour une même substance, sensiblement dépendant de la longueur des étincelles et que, par suite, la loi du carré de la différence de potentiel est sensiblement exacte.

Les auteurs exposent ensuite et réfutent les diverses critiques que l'on peut adresser à leurs expériences.

En premier lieu, ils font remarquer que, s'il est certain que le champ soit homogène au milieu de l'intervalle des plateaux quand ceux-ci possèdent une charge statique, cette certitude n'existe plus quand ils sont chargés périodiquement par des oscillations rapides. Il pourrait exister une différence de phase entre deux points situés dans cet inter-

Digitized by Google

valle et il en résulterait une hétérogénéité pouvant donner lieu à des déviations. Les auteurs se proposent d'étudier l'effet de cette hétérogénéité et croient pouvoir bientôt démontrer qu'il est sans influence. D'ailleurs, ils font remarquer avec juste raison que, par suite de la faible distance des plateaux, la différence de phase doit être insignifiante. En outre ils on fait de nouvelles expériences avec des oscillations très lentes (60 oscillations environ par seconde) qu'ils obtenaient en écartant suffisamment les boules du micromètre, de manière que les étincelles ne passent pas et que les plateaux se trouvent alors chargés par les courants induits de la bobine ; or, dans ces conditions ils ont obtenu pour le rapport des déviations les nombres suivants qui diffèrent peu de ceux trouvés avec les oscillations très rapide.

Plaques	I	II	III	IV
	0,6152	0,8739	1,260	1,684
Baguettes	V	VI	VII	VIII
	0,1655	0,2281	0,3625	0,4834

Une seconde cause d'erreur pourrait provenir du phénomène appelé hystérésis diélectrique; car, par suite de cette hystérésis, le diélectrique se chargerait par l'effet des oscillations et par conséquent prendrait, suivant sa charge, une certaine position dans le champ. Mais cette cause d'erreur ne se rencontre pas dans les expériences sur le soufre, puisque, ainsi que l'a démontré Boltzmann, cette substance ne possède pas d'hystérésis. D'ailleurs, si le diélectrique se chargeait par l'effet des oscillations, il ne reprendrait pas sa position d'équilibre initial quand on annule le champ. Or, avec le soufre et la paraffine, il n'a jamais été observé de déplacement du zéro des déviations et, pour les diélectriques étudiés, ce déplacement n'a toujours été que de quelques divisions de l'échelle, c'est-à-dire négligeable par rapport aux déviations observées.

Enfin on peut objecter que sous l'influence des tractions du champ, la substance diélectrique cesse d'être homogène et peut dès lors se trouver soumise à un couple de torsion. Sans nier la possibilité de cette déformation, les auteurs font observer que si elle était la cause des déviations observées, celles-ci devraient être proportionnelles à la quatrième puissance de la différence du potentiel et non au carré de cette différence, comme le montrent les expériences.

MM. Graetz et Fromm considèrent donc comme établi qu'*un diélectrique homogène est soumis à un couple de torsion dans un champ électrostatique homogène.*

Il reste maintenant à expliquer cette propriété qui, ainsi que nous l'avons dit en commençant, se trouve en contradiction avec la théorie de Poisson.

Après avoir fait observer que la théorie de Maxwell ne peut nous donner aucun éclaircissement à ce sujet sans hypothèses particulières, puisque cette théorie envisage un corps diélectrique comme continu et rempli d'un éther homogène se déplaçant sous l'action du champ. Les auteurs cherchent à expliquer cette propriété à l'aide de la théorie Poisson convenablement modifiée. On sait que cette théorie. telle qu'elle est exposée par Poisson, suppose les molécules polarisées par l'effet d'un champ électrique sans action les unes sur les autres. En admettant une action mutuelle de ces molécules, MM. Graetz et Fromm trouvent l'explication de leurs expériences.

A notre avis, cette hypothèse complémentaire de la théorie Poisson ne peut conduire à l'explication cherchée, du moins tant qu'on ne considère que des diélectiques homogènes. En effet, M. Poincaré a montré (*Electricité et Optique*, t. I chap. III) que dans le cas d'un corps homogène ou possédant seulement la symétrie cubique, les actions des diverses molécules polarisées se neutralisent et que, par suite, on doit alors arriver aux mêmes conclusions que dans l'hypothèse d'une non-

Digitized by Google

influence des molécules polarisées les unes sur les autres.

Quoiqu'il en soit de la valeur de cette objection qui mériterait d'être regardée de plus près, voici l'explication des auteurs : Par suite des actions mutuelles des molécules polarisées, les axes d'électrisation des diverses molécules du diélectriques ne sont pas parallèles entre elles ni parallèles aux lignes de force du champ électrique. Par conséquent les molécules, considérées isolément, ne sont pas en équilibre dans le champ, et le système qu'elles forment est soumis à un couple qui tend à placer l'axe mryen des diverses molécules parallèlement aux lignes de force.

Cette explication conduit MM. Graetz et Fromm à la condition suivante pour l'équilibre d'un diélectrique de forme ellipsoidale, mobile autour d'un de ses axes et soumis à l'action d'un champ uniforme d'intensité P, $\frac{M\varphi}{\cos 1\varphi} = \frac{\varkappa^2 P^2 \sin 2\alpha (B_0 - A_0) V}{(1+\varkappa A_0)(1+\varkappa B_0)}$ où φ est l'angle des lignes de force avec l'axe de rotation ; μ, la constante de diélectrisation $1+4\pi\varkappa$ étant alors la constante diélectrique) α l'angle dont tourne le corps pour atteindre sa position d'équilibre, M le moment de torsion d'une suspention uniplaire, V le volume de l'ellipsoide, A_0 et B_0 des constantes qui dépendent des rapports des longueurs des axes de l'ellipsoide.

De cette relation on peut déduire la valeur de $\varkappa$ et par suite, celle de la constante diélectrique de la substance considérée. Les auteurs se proposent d'étudier cette application dans un prochain travail.

J. B.

Sur une proposition analogue au pont de Wheatstone, par W. A. Price.

Une disposition de condensateurs analogue à la disposition de résistances connue sous le nom de pont de Wheatstone, présente quelque intérêt.

Dans le pont de Wheatstone, quatre conducteurs dont les conductibilités sont c_1, c_2, c_3, c_4, forment un quadrilatère ABCD. A et C son maintenus à des potentiels différents V et V' par une pile et la différence de potentiel entre B et D est décelée par un galvanomètre relié à ces points. Si aucun courant ne circule dans BD, le potentiel en B est $\frac{c_1 V + c_2 V'}{c_1 + c_2}$ et celui en D, $\frac{c_3 V + c_4 V'}{c_3 + c_4}$; si donc $c_1 c_4 = c_2 c_3$, B et D sont un même potentiel.

Dans la disposition analogue électrostatique, les quatre conducteurs sont remplacés par quatre condensateurs de capacités k_1, k_2, k_3, k_4, reliés de manière à former un quadrilatère *abcd*. *a* et *c* sont portés aux potentiels *v* et *v'* par connexions avec un condensateur chargé (remplaçant la pile du pont de Wheatstone) et les potentiels de *b* et *d* sont comparés à l'aide d'un électromètre relié à ces points. S'il n'y a aucun déplacement d'électricité le long de *b d*, le potentiel en *b* est $\frac{k_1 v + k_2 v'}{k_1 + k_2}$ et celui en *d* est $\frac{k_3 v + k_4 v'}{k_3 + k_4}$. Si $k_1 k_4 = k_2 k_3$, *b* et *d* sont au même potentiel.

Pour appliquer cette méthode à la mesure de la capacité d'un condensateur placé dans la position k_1, il faut en k_3 et k_4 deux condensateurs dont le rapport des capacités soit exactement connu et en k_2 un condensateur dont la capacité puisse varier à volonté dans de larges limites. Les condensateurs de ce genre n'étant pas généralement employés, l'auteur ne pense pas que cette méthode ait été appliquée.

Il fait observer qu'on pourrait réaliser facilement les condensateurs k_3 et k_4, dont le rapport des capacités doit être connu, en prenant trois plaques métalliques la plaque intermédiaire pouvant être déplacée par rapport aux deux autres ; cette plaque formerait avec l'une des dernières le condensateur k_3 et avec l'autre le condensateur k_4, les rapports de leurs capacités seraient facilement obtenus par la mesure des distances de la plaque intermédiaire aux deux autres.

Digitized by Google

Une disposition intermédiaire entre le pont de Wheatstone ordinaire et son analogue électrostatique peut être utilisée. Deux condensateurs k_1 et k_2 forment deux branches du pont, deux résistances forment les deux autres; une pile est employée comme source de force électromotrice; un galvanomètre ou un électromètre est utilisé pour reconnaître l'égalité de potentiel des extrémités du pont. M. Gott a constaté que cette méthode est fort pratique pour comparer les câbles sous-marins aux condensateurs étalons. Pour reconnaître l'égalité des potentiels des extrémités du pont, il relie ces points aux armatures d'un condensateur auxiliaire et, à l'aide d'une clef, décharge ce condensateur dans un galvanomètre.

J. B.

Les alliages employés pour la construction des étalons de résistance, par W. A. Price.

Dans un ouvrage publié il y a quelques semaines et intitulé *Mesure de la résistance électrique*, M. Price consacre un chapitre à l'examen des diverses substances qui, par leurs propriétés, se recommandent pour la construction des étalons de résistance. L'auteur commence avec raison, par la discussion des qualités des matériaux utilisés pour la construction des étalons de précision, et termine par la considération des étalons d'usage courant. Ce sont les quelques pages consacrées à ces derniers que nous reproduisons ici, persuadé que les renseignements qu'elles contiennent seront, quoi qu'ils ne soient pas tous absolument nouveaux, favorablement accueillis par tous les électriciens, la comparaison des résistances étant la mesure la plus commune en électricité.

Les principaux alliages employés commercialement pour la confection des bobines de résistance sont :

1° L'argent allemand;
2° L'alliage platine argent;
3° Le platinoïde;
4° La manganine.

1. *Argent allemand.* — L'argent allemand est comme le maillechort ordinaire, un alliage ternaire de cuivre, de nickel et de zinc. Les proportions suivant lesquelles ces métaux sont alliés sont :

4	parties en poids	de cuivre
2	—	de nickel
1	—	de zinc

On adopte communément pour la résistance spécifique de cet alliage 27 microhms, soit environ 13 fois celle du cuivre pur, et pour son coefficient de température de 0,04 pour cent par degré centigrade.

L'auteur a effectué un grand nombre d'expériences sur cet alliage; elles lui ont fourni divers résultats qu'il résume comme suit :

Les fils d'argent allemand possèdent des propriétés différentes suivant leur provenance. Ils diffèrent beaucoup par la dureté, un peu par la couleur et énormément par leurs propriétés électriques. Les variétés les plus dures et les plus blanches ont une résistance électrique beaucoup plus grande que les variétés les moins dures et les plus jaunes. Les fils de petites dimensions sont généralement plus durs et plus élastiques que les gros, comme si un alliage différent était employé pour les uns et les autres; toutefois on peut obtenir des lames assez larges, possédant une grande élasticité et elles sont couramment employées comme ressorts des clefs télégraphiques. De grandes différences dans les propriétés mécaniques peuvent d'ailleurs s'observer entre deux points rapprochés d'un même fil.

Des fils non recouverts, laissés pendant plusieurs mois dans un magasin, sont devenus cassants, effet également et souvent observé avec des fils de laiton. Il se produit plus rapidement dans les endroits où l'on brûle du gaz, et il est probablement dû à la présence du zinc dans l'alliage. Il se manifeste aussi quand les fils servent à la conduction des courants assez puissants pour les échauffer.

On cite plusieurs bobines de résistance dont le fil, en argent allemand isolé par une couche de soie et de paraffine, devint si cassant au bout de quelques mois qu'il se brisait quand on transportait les bobines. Le fil d'une autre

Digitized by Google

bobine, ajustée avec soin et munie d'un certificat de Cambridge, se rompit près d'un point de soudure, endroit où l'on avait laissé, pour l'ajustement, le fil nu sur une longueur de deux pouces. L'auteur pense que, dans l'un et l'autre cas, la cause de la fragilité constatée est une protection insuffisante contre l'action de l'air.

En effet des bobines de résistance en argent allemand bien protégé ont été trouvées aussi parfaites qu'au moment de leur construction après un usage de plusieurs années dans les contrées tropicales et, dans tous les cas où l'alliage était réellement bien mis à l'abri de l'air par un vernis ou une couche continue de paraffine, l'auteur n'a jamais constaté que le fil fut devenu cassant ou fut altéré. Si donc on prend quelques précautions, l'argent allemand semble convenir au point de vue des propriétés mécaniques.

Les propriétés électriques de divers échantillons commerciaux diffèrent énormément. Pour différents fils d'argent allemand d'une même maison, la résistance électrique variait dans le rapport de 7 à 4, et la bobine d'un rhéostat, qui était destinée à mesure 22 ohms, donnait seulement 14, 5 ohms avec un paquet de fil de 25 ohms avec un autre bien que les diamètres et les longueurs de ces fils fussent sensiblement les mêmes. Quant au coefficient de température, un échantillon de fil très blanc et très dur, vendu comme argent allemand, avait un coefficient égal à celui du platinoïde; les autres avaient des coefficients beaucoup plus élevés.

Dans plusieurs cas on a constaté que la résistance de l'argent allemand varie avec le temps. Cette variation semble exister pour tout alliage de zinc et empêche l'emploi des alliages de zinc pour la construction des étalons de précision. Toutefois dans les bobines bien construites ces variations sont très petites et leur effet sur l'exactitude des mesures est du même ordre que celui de bien d'autres causes d'erreurs expérimentales.

Il est probable que les fils d'argent allemand sont fabriqués avec un soin et une attention très variables et que, cet alliage laissant peu à désirer comme substance destinée à la confection des bobines lorqu'il est fait convenablement, sa réputation a suffit pour faire employer sous le même nom des produits de qualités très différentes.

2° *Alliage d'argent et de platine.* — Cet alliage est formé de deux parties en poids de platine et une partie d'argent. Sa couleur est blanche. Il est très ductile et peut facilement se tirer en fils fins. Il est inoxydable à l'air et ne s'allie pas au mercure. Sa conductibilité à 0°C est environ un quinzième de celle du cuivre; sa résistance spécifique 31 microhms. Sa résistance s'accroît de 0,031 pour cent par degré centigrade. Ses propriétés électriques ne sont pas altérées par la trempe et le recuit, et, sauf quelques légères variations à peine appréciables, la résistance de bobines, faites avec cette matière en 1865, est demeurée constante.

En résumé cet alliage serait la substance idéale propre à la construction des bobines, si son prix élevé n'en restreignait l'usage. Recouverts d'une couche de soie les fils de cet alliage coûtent actuellement de 45 à 50 shillings l'once (1 fr. 40 à 2 francs le gramme).

3° *Platinoïde.* — C'est de l'argent allemand additionné d'une petite quantité de tungstène. Le tungstène est ajouté, à l'état de phosphore et en proportion assez considérable, à une portion de cuivre destiné à entrer dans l'alliage. On fond et on ajoute le nikel, puis le zinc et enfin le restant du cuivre. Le mélange solidifié est refondu plusieurs fois et par ces fusions le phosphore et une partie considérable du tungstène passent dans les scories. L'alliage obtenu est d'une belle couleur blanche et possède une résistance remarquable à l'oxydation. Sa résistance électrique spécifique est 34 microhms, soit environ 17 fois celle du cuivre. Son accroissement de résistance par dégré centigrade est 0,022 pour cent, à 20°C.

4° *Manganine.* — En 1892, M. Lindeck présentait à l'association britannique les résultats de ses expériences sur cette substance. C'est de ce mémoire que M. Price tire les renseignement suivants :

Digitized by Google

M. Weston de Newark découvrit que les alliages contenant du manganèse ont un coefficient de température très petit et qu'il est même possible d'en obtenir ayant un coefficient négatif. Après quelques recherches il fut décidé qu'on prendrait un alliage formé de :

84 parties de cuivre
12 — de manganèse
4 — environ de nickel

La résistance de cet alliage croît avec la température jusque vers 45°C; elle décroît ensuite quand la température continue à s'élever. Le coefficient de variation avec la température, nul à 45°, est toujours très petit.

Cet alliage est très doux et peut s'étirer en fils très fins, mais il ne peut être recuit à l'air libre car le manganèse s'oxyde très rapidement.

Après l'enroulement les bobines sont artificiellement *veillies* en les chauffant pendant cinq heures dans un bain d'air à 140°, le fil ayant été recouvert d'une couche épaisse de vernis à la gomme laque. Par ce procédé on obtient des résistances très constantes; en outre la gomme laque est fondue à la température du bain et elle forme après refroidissement masse dure, parfaitement isolante, qui protège le fil contre toute action chimique.

D'après le docteur Lindeck la force thermo électrique entre la manganine et le cuivre est seulement de 1,5 microvolts par degré centigrade, tandis qu'elle est de 20 à 25 microvolts pour le cuivre et les autres alliages communément employés. La petitesse de ce coefficient constitue un grand avantage si l'on craint quelque différence de température entre les deux morceaux de cuivre auxquels les extrémités de la bobine sont soudées.

Les propriétés électriques de cette substance paraissent tout à fait invariables, mais une longue série d'observations sont nécessaires pour établir ce point avec le même degré de certitude que pour les étalons de platine argent que l'on étudie depuis 1865.

Sa résistance spécifique est environ 20,4 fois celle du cuivre.

J. B.

BIBLIOGRAPHIE

KARL STREHL.— *Theorie des Fernrohrs auf Grund der Beugung des Lichts. (Théorie de la lunette astronomique basée sur la diffraction.)* — Abbe a donné une théorie du microscope qui présente le plus grand intérêt, non seulement au point de vue de la construction de l'appareil, mais encore à celui de la signification des apparences observées. La théorie de la lunette astronomique, basée sur les mêmes considérations, n'a pas encore été faite complètement, et les essais auxquels elle a donné lieu sont dispersés dans les travaux les plus divers. Le but du présent livre est de combler cette lacune. La première partie comprend la théorie proprement dite qui repose sur des développements mathématiques ; la seconde partie contiendra des tables pratiques, calculées d'après les formules et qui auront trait plus particulièrement aux observations astronomiques.

Les formules relatives à l'aberration de sphéricité, l'astigmatisme, l'action diffringente de l'oculaire et de l'œil, la séparation des étoiles doubles, etc., sont nouvelles. Toutes les formules sont données sous leur forme rigoureuses, sans facteur de proportionnalité, de façon à satisfaire à la loi de la conservation de l'énergie, point auquel on n'a pas toujours accordé l'importance qu'il méritait.

Il suffit d'énumérer quelques uns des phénomènes sur l'apparence desquels influe la diffraction : épaisseur des anneaux de Saturne, étendue des bandes équatoriales de Jupiter, entrée d'une étoile sur le disque de la lune ou de Jupiter, variation du diamètre de Mercure ou de Vénus lorsqu'ils se projettent sur le disque solaire, nature des comètes, etc., pour conclure, d'accord avec l'auteur, qu'il ne s'agit pas de quelques phénomènes intéressants, mais de l'essence même du rôle que jouent la lumière et la lunette astronomique.

C. R.

Digitized by Google

CHRONIQUE

La science allemande (déjà si éprouvée par la mort de Hertz et celle de Kundt), vient de perdre le plus illustre de ses représentants, Hermann von Helmholtz. Dans toutes les branches de la science, (physiologie, physique ou mathématiques) Helmholtz a laissé des travaux durables. Nous rappellerons seulement, au point de vue de l'électricité, les mémoires sur la conservation de la force, où il donnait les fondements de la théorie de l'induction électro-magnétique, sur les couches doubles, sur la théorie électro-magnétique de la lumière, etc.

Si les condensateurs étaient plus robustes, ils seraient, d'après MM. Bedell, Ballantyne et Williamson, des appareils industriels excellents d'un rendement très élevé. Les expériences ont porté sur 6 condensateurs d'une capacité de 1,525 microfarads ; leurs armatures, formées de 65 feuilles d'étain, longues de 27 centimètres et larges de 20, étaient séparées par du papier enduit de cire. Le courant alternatif, de 500 volts, avait une fréquence de 160 périodes.

Le rendement industriel s'est élevé à 96,90 o/o, c'est-à-dire qu'il est aussi près de l'unité qu'on pouvait l'espérer.

M. Bertillon décrit dans *la Nature* la machine à compter de M. Hollerith, employée aux Etats-Unis, au Canada, en Autriche, en Allemagne et en France, pour inscrire en tableaux d'une lecture facile et intéressante les résultats des statistiques.

Cette machine se compose en principe de cartes perforées à la main d'après les fiches manuscrites et semblables aux cartons des métiers à la Jacquart. Ces cartes sont *lues* par une presse spéciale, formée d'un plateau supérieur portant autant d'aiguilles montées à ressort qu'il y a de compartiments dans la carte ; partout où un trou est percé dans celle-ci, l'aiguille passe et va établir un contact électrique avec un godet de mercure placé directement au-dessous. Le courant agit sur une série de relais qui actionnent l'appareil enregistreur et *combinent* les résultats inscrits sur la carte.

Par exemple, s'il s'agit de naissances, on saura si l'enfant est du sexe masculin ou féminin, son âge, l'âge de sa mère, s'il est légitime ou naturel, etc., et le résultat s'inscrit sur un cadran correspondant.

Le classement est ainsi automatique et ce curieux appareil, dont l'emploi ne tardera pas à se généraliser, tire lui-même les conclusions des réponses données par le public. C'est la partie la plus délicate, et la plus longue de toute opération statistique. Il permet d'économiser beaucoup de temps, tout en évitant de nombreuses causes d'erreurs.

M. Le Clément de Saint-Marc, officier du génie de l'armée belge, avait eu la curieuse idée de construire un ballon dirigeable captif à l'Exposition d'Anvers. Il espérait en faire une école pratique d'expériences. Le moteur électrique placé à bord recevait son courant par les câbles de suspension ; on pouvait ainsi disposer sous un faible poids d'une puissance considérable et obtenir une force propulsive suffisante.

M. Léon Champy s'était chargé des études et de diriger l'exécution matérielle.

Par suite des difficultés que pouvaient prévoir tout ceux qui s'occupent un peu de navigation aérienne et qui savent combien la manœuvre des ballons captifs est délicate, surtout à l'intérieur des villes, ce ballon n'a jamais pu marcher.

Il contenait certaines dispositions qu'il est bon de retracer en quelques mots.

Le ballon, en forme de cigare, avait une longueur de 82,80 m., et un diamètre maximum de 17,75 m. Il cubait 15000 mètres. Un ballon net intérieur à air d'une capacité de 1,200 m³ permettait de le régler suivant les méthodes ordinaires. Des voilures qui étendaient sa longueur à 88 mètres de bout en bout, devaient lui permettre de prendre la direction du vent à la façon d'une girouette. Les voyageurs, au nombre de 35, devaient prendre place dans la nacelle d'avant, tandis que le moteur se trouvait dans celle d'arrière.

Ce moteur, sortant des ateliers d'Oerlikon, était à courants triphasés. Sa puissance était de 125 chevaux et construit spécialement pour être aussi léger que possible, il ne pesait que 800 kilogrammes.

Il était calculé pour fonctionner à 350 volts, et faire 1550 tours, avec une fréquence de 54 pé-

Digitized by Google

riodes. Il actionnait une hélice de 8 m. de diamètre à la vitesse angulaire de 113 tours.

La station centrale avait été construite en vue d'expérimenter l'emploi des moteurs à gaz pauvre dans les stations centrales. Deux génératrices d'Oerlikon, à courants triphasés, de 200 chevaux chacune, étaient entraînées par courroies séparément ou solidairement à volonté, par 2 moteurs à gaz à 2 cylindres, de Fielding et Platt. Le gaz était produit par des appareils de Dowson. L'ensemble était intéressant ; il est malheureux que les expériences n'aient pu être exécutées.

Le ballon, attaché par un câble souple à 3 conducteurs d'une grande résistance mécanique, devait circuler sur des câbles métalliques tendus horizontalement sur 6 chevalets métalliques hauts de 30 mètres, entre l'Exposition et la Place Verte. Le câble souple avait une longueur de 150 m. en sorte que le ballon se serait maintenu à environ 150 m. au-dessus du sol. Les câbles horizontaux en acier devaient servir à la fois de rails et de conducteurs du courant. Ils étaient au nombre de 3, disposés en triangle. La prise de courant se faisait au moyen d'un trôlet à 3 contacts.

Comme nous le disions en commençant, ce curieux ballon n'a jamais marché. La disposition en girouette, que les inventeurs pensaient très favorable, devait entraîner une tension exagérée sur les cables, la propulsion se faisant suivant la direction de l'axe longitudinal du ballon ; celui-ci offrait en outre une énorme surface au vent. Mais nous ne pouvons nous étendre sur ce sujet un peu étranger à la partie électrique. Il suffit de signaler l'insuccès complet de l'entreprise.

Les rapports très complets que publient chaque année les Commissions spéciales nommées par la législature de différents Etats américains, sont toujours très intéressants à consulter.

La *Revue Industrielle* analyse dans un de ses derniers numéros celui du Board of Commissionners of The Commonwealth of Massachusetts. Nous lui empruntons les renseignements suivants :

Le nombre des Compagnies était de 70 en 1889, 84 en 1891, 79 en 1892, 78 en 1893. Neuf Compagnies d'éclairage électrique seulement ont une vente importante de courant pour la force motrice. En admettant que les lampes à arc de 800 à 1,500 bougies sont équivalentes à 10 lampes de 16 bougies, celles de 1,600 à 2,000 bougies, à 15 lampes de 16 bougies, et que l'on obtienne 10 de ces dernières par cheval, les chiffres du tableau suivant, donnent les rapports entre l'énergie électrique vendue pour la lumière et celle vendue pour actionner les moteurs.

ANNÉES	TOTAL en LAMPES	ECLAIRAGE		FORCE MOTRICE	
		TOTAL	TAUX d'augmentation	TOTAL	TAUX d'augmentation
		chevaux	0/0	chevaux	0/0
1889	234785	23478		1442	
1891	287821	38782	65	5100	58
1892	420621	45062	16	5445	06
1893	538286	53828	19	6840	20

En 1893, le nombre de lampes est donc 2,31 fois plus grand qu'en 1889 et le nombre de moteurs, ou tout au moins la puissance correspondante, est en 1893, 4,74 fois plus élevé qu'en 1889.

D'après notre confrère, la comparaison des puissances dépensées pour l'éclairage et la force motrice prouve que celle-ci ne se développe que lentement et ne convient qu'à certains milieux. Sans doute les moteurs ne sont pas aussi nombreux qu'on pourrait le désirer ; mais ils forment une part importante de la vente en 1893 (11 1/20/0) et les taux d'augmentation que nous avons ajoutés au tableau prouvent que leurs applications se multiplient avec une rapidité très appréciable, même comparée avec l'accroissement de l'éclairage.

L'emploi des projecteurs aux dernières manœuvres de la marine britannique, dit un journal anglais, n'aura eu d'autre résultat pratique que de montrer combien peu l'on sait s'en servir. Tous les correspondants de journaux ont décrit comment, aussitôt qu'un torpilleur est supposé dans le voisinage, les différents navires commencent à projeter leurs faisceaux lumineux vers l'horizon, en sorte que toute la flotte est à moitié éblouie par cette multitude d'éclairs irréguliers.

Au milieu de ces aveuglantes alternatives de lumière et d'ombre les meilleurs vues deviennent fatiguées, et le torpilleur a grande chance d'échapper à l'observation. Le seul remède, comme dit toujours ce journal, serait de créer tout autour de la flotte une nappe lumineuse l'enveloppant tout entière ainsi que l'eau où elle évolue. Les torpilleurs n'auraient ainsi que peu de chances pour s'échapper.

Digitized by Google

Ceci bien entendu, dans le cas où la flotte n'aurait aucune raison supérieure pour se tenir dans l'ombre.

La grande ligne de tramways électriques à fil aérien qui doit relier New-Jersey, c'est-à-dire New-York à Philadelphie, en passant par toutes les villes et villages intermédiaires, marche à grands pas vers sa réalisation définitive. Elle offre l'exemple le plus frappant du développement colossal qu'à pris en Amérique la traction électrique et en même temps des services que celle-ci peut rendre.

On avait affirmé, au début, qu'une grande Compagnie de chemins de fer était à la tête de cette combinaison; son but aurait été de s'emparer du trafic que les lignes électriques créent partout où on les installe, par suite des prix très bas qu'elles peuvent accorder, et d'empêcher ainsi que des Compagnies rivales puissent en profiter. La Compagnie a opposé un démenti formel, « mais, dit le *Philadelphia Stockholder*, il n'est pas moins certain que les différentes routes proposées forment de vrais canaux d'alimentation pour les lignes de la Pennsylvania Railroad C°, et que, si celle-ci verra son trafic diminuer en certains points, par contre, elle profitera en beaucoup d'autres de l'augmentation de trafic qui résultera de l'établissement des voies de communication rapide. »

C'est, il nous semble, la vraie direction dans laquelle il faut chercher la solution des difficultés soulevées entre quelques Compagnies de Chemins de fer et de Tramways électriques. Loin de se nuire les unes aux autres, elles peuvent se prêter un mutuel appui et elles auront chacune leur champ d'action bien délimité.

La Compagnie aurait un capital de 50 millions de francs; ses voies s'étendraient sur une longueur de 250 kilomètres! En quittant Paterson, la ligne passerait par Upper Monclair, Monclair, Bloomfiel, Orange, Springfield, Westfield, Fanwood, Netherwood, Plainfield, Dimellen, et Bound Brook; de là, elle se dirigerait sur Millstone, Princeton, Lawrenceville, et Trenton, pour entrer à Philadelphie par les lignes déjà existantes. Des branches latérales la relieraient à Caldwell, Irvington, Newark, Chaskam, Madison, Morristown, New-Brunswick, Sommerville, Raritan, Rahway, Elisabeth, Woodbridge, Perth-Amboy.

Les travaux sont commencés près de Trenton et seront continués dans les deux directions. Plus de 100 kilomètres de lignes dans différentes villes seront adjointes à la ligne principale.

Voici la question qu'auront à traiter les candidats pour le prix Giffard à décerner en 1896.

« Transmission de la puissance motrice à l'aide de l'électricité, soit aux machines d'une ligne de chemin de fer ou d'une ligne de tramways, soit aux appareils divers d'un pont, d'un navire, d'un dock, d'un chantier de travaux publics, etc. »

La première partie du mémoire devra retracer l'état actuel de la question choisie, et la seconde décrire soit une installation faite, soit un avant-projet susceptible d'exécution.

Nous empruntons le passage suivant à la *Tribune*, de Chicago. Il s'agit de l'installation des tramways électriques à Chicago :

« La station centrale de la West Chicago Street Railway Company sera munie de 5 génératrices de 2000 chevaux chacune et 1 de 1000 chevaux, du système Siemens et Halske. Avec cette capacité de 11000 chevaux, elle sera la deuxième en grandeur aux Etats-Unis. Elle pourra actionner 500 voitures.

« Cette Compagnie a l'intention de transformer environ 200 kilomètres de tramways à chevaux, en tramways électriques. Au nord de la ville, une station de 6000 chevaux est en voie de formation. »

La *Street Railway Gazette* fait ressortir, à ce propos, l'extension que prennent les unités de grande puissance dans les stations centrales, soit pour l'éclairage ou les tramways; elle cite les usines suivantes : Garden City construction Company, Chicago, quatre génératrices de 620 chevaux; Johnson et Edwards, Brooklyn, trois de 667 chevaux; Toronto Street Railway Company, Toronto, deux de 1400 chevaux.

On pourrait multiplier les exemples de ce genre. Toutes ces génératrices sont accouplées directement aux moteurs à vapeur par des plateaux élastiques du genre Raffard.

Nous venons de recevoir le rapport du maréchal des pompiers de Chicago, pour 1893; il contient plusieurs renseignements intéressants.

Les avertisseurs publics spéciaux au service d'incendie qui transmettent les appels télégraphiques sans l'aide du téléphone sont au nombre de 1003! 109 nouveaux avertisseurs ont été

Digitized by Google

installés l'année dernière. Il y a en outre 773 avertisseurs de police avec téléphone placés dans les rues et 372 placés chez des particuliers. Cela fait un total de 2148 avertisseurs servant aux appels de secours contre les dangers de l'incendie.

Ces appareils sont reliés au poste central et celui-ci est relié aux postes casernes au moyen de conducteurs partie aériens, partie souterrains. La longueur des premiers est de 3318 kilomètres; celle des seconds est de 923 kilomètres. L'ensemble du réseau ne comprend donc pas moins de 4242 kilomètres de fils conducteurs.

La valeur des bâtiments, des appareils et des pompes dépasse 12 millions de francs; celle du système télégraphique s'élève à elle seule à 2 786 000 francs.

Le système d'appels est si parfait que, malgré la grande extension du service et l'immense étendue de la ville, 1037 hommes suffisent au travail; dans ce nombre sont compris les employés des bureaux et 6 inspecteurs du service d'éclairage électrique dépendant de la municipalité.

Ces hommes ont dû répondre à 6970 alarmes pendant la durée de l'année 1893. C'est une augmentation de près de 5 o/o sur le chiffre de l'année précédente; elle est due en partie à l'affluence de monde occasionnée par l'Exposition universelle. Il a fallu combattre 5224 incendies qui ont occasionné une perte totale de plus de 15 millions et demi de francs : plus du double de l'année précédente, ce qui correspond à une perte de 9 fr. 85 par habitant. C'est une somme très faible qui prouve l'excellente organisation du service préventif basé sur l'emploi des avertisseurs électriques.

Une autre partie du rapport sur laquelle il convient d'insister, c'est la répartition des causes d'incendie. Nous ne pouvons la donner en détail. Nous dirons seulement que le nombre des incendies attribués à l'électricité ne s'est élevé qu'à 132 tandis que l'emploi des huiles inflammables en a causé 777, soit 15 o/o environ de la totalité. Le nombre en est moindre que des incendies causés par des enfants jouant avec le feu ou des allumettes, ceux-ci étant au nombre de 169, ou par les étincelles des locomotives, qui se sont élevés au chiffre de 216. Le gaz a causé 155 incendies, soit 23 de plus que les canalisations électriques. Encore, sur ce nombre de 132, plusieurs doivent être attribués à d'autres causes. Voici la récapitulation de l'inspecteur chargé de faire une enquête à ce sujet :

EXPOSITION	ATTRIBUABLES à d'autres causes	CAUSE inconnue	DISTRIBUTION en série	DISTRIBUTION en dérivation : 500 volts continu 1.000 volts alternatif 200 volts 3 fils continu	TOTAL
14	8	11	81	18	132

On voit que 81 incendies sont attribuables aux distributions en série pour l'éclairage à arc, par suite soit de la mauvaise construction des commutateurs, soit du mauvais établissement de la canalisation. Dans tous les cas, les dégâts ont été presque nuls; les frais du service des pompiers étant la plus importante dépense.

Si l'on tient compte de la façon tout à fait primitive dont les canalisations sont établies dans la plupart des cas, ces chiffres sont tout à fait favorables.

La foudre a causé 14 incendies à Chicago, en 1893.

Enfin, dans un autre ordre d'idées, il n'a pas été fait moins de 5 268 840 rapports téléphonés par les policemen, rapports qui ont entraîné l'arrestation de 41,832 personnes. Insister serait inutile.

Le téléphone entre Paris et le Havre.

A la suite de longues négociations entre la chambre de commerce du Havre et M. de Selves, directeur général des postes et télégraphes, en vue de la création d'un troisième circuit téléphonique entre le Havre et Paris, une solution favorable vient enfin d'être acceptée.

La nouvelle ligne, dès maintenant décidée, sera incessamment établie. La chambre de commerce du Havre fera à l'Etat l'avance des 4/5 des frais d'établissement s'élevant à 92 000 francs, et, de son côté, la chambre de commerce de Paris a bien voulu y participer pour 1/5.

En présence de l'encombrement et des retards dont le public souffre depuis longtemps par suite de l'insuffisance des deux circuits actuels, dont l'un est souvent très défectueux, on ne peut que se réjouir d'une solution qui va sans doute mettre fin à ce fâcheux état de choses.

Le Gérant : L. DENNERY.

Imprimerie ALCAN-LÉVY, 24, rue Chauchat, Paris

Digitized by Google

1re Année Samedi 22 Septembre 1894. N° 2

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITÉ

24, RUE CHAUCHAT, PARIS

Directeur P. H. LEDEBOER, Docteur ès-sciences

SOMMAIRE : La protection des trains sur les voies ferrées, G. Claude. — La soudure électrique, Gustave Richard. — Du pouvoir éclairant des projecteurs de lumière électrique, W. Tchikoleff et W. Turin. — Extraits de la presse industrielle. — Communications. — Solution graphique de quelques problèmes pratiques relatifs aux dynamos à courant continu, par J. Fischer-Hinnen. — Circuits de retour isolés, et retour par la masse à bord des navires en fer, par M. Leroy. — Transmission électrique par courants diphasés. — Action destructive des courants électriques sur les conduites métalliques souterraines. — Accumulateurs Blot et Fulmen. — Revue des Sociétés savantes et des publications scientifiques. — Remarques sur la méthode électro-chimique d'inscription des courants alternatifs, par A. Blondel. — Sur l'équilibre des liquides magnétiques, par M. Mortara. — Sur la détermination des constantes diélectriques, par A. Campetti. — Lignes téléphoniques aériennes sans induction, par Hintermayr. — Chronique.

LA PROTECTION DES TRAINS
SUR LES VOIES FERRÉES

Malgré l'époque déjà lointaine à laquelle remonte l'établissement des premiers chemins de fer, l'étude des moyens destinés à assurer la protection des trains, n'a rien perdu, malheureusement, de son actualité. On pourrait supposer que dans une question intéressant à ce point l'humanité tout entière, un aussi long délai a permis d'arriver à une perfection absolue et, comme conséquence, à une sécurité complète, si de douloureux exemples ne se chargeaient pour ainsi dire chaque jour de présenter la situation sous son véritable aspect, de nous montrer combien encore il reste à faire pour atteindre ce but. Hier encore la déplorable catastrophe d'Appilly est venue donner à la question des moyens de protection sur les voies ferrées un regain d'actualité, et peut-être quelques lignes consacrées à ce sujet ne paraîtront-elles pas à cette heure inopportunes.

Sans doute, la circulation des trains à la surface du globe est tellement énorme, sans doute, dans ce difficile problème des moyens de communication, la porte de l'imprévu est si largement ouverte qu'il serait impossible de ne pas voir se produire quelques accidents à des intervalles plus ou moins éloignés, et qu'en dépit de tous les efforts, l'éventualité de catastrophes inattendues ne sera jamais complètement écartée; mais il ne semble pas, il faut l espérer du moins, que l'on soit arrivé à la limite de ce qu'il est possible de faire et à abaisser jusqu'au minimum les chances d'accidents.

La raison de ce fait est d'ailleurs aisée a trouver : elle résulte de ce qu'une bonne partie des recherches, et elles sont nombreuses, qui ont été faites dans cet ordre d'idées, que la plupart des appareils imaginés, et parmi eux tous ceux en service sur nos voies ferrées présentent un caractère commun, en dehors de leur ingéniosité qui peut être très grande, de leur efficacité qui peut être réelle : Le but de ces appareils est d'établir une division de la voie ferrée en sections, à l'aide de simples signaux optiques ou acoustiques, extérieurs aux trains eux-mêmes; et cette division ne peut constituer pour ces trains une protection efficace qu'à la condition qu'exactement faits, ces signaux soient rigoureusement observés. Or, nombreuses sont les chances d'erreur auxquelles est soumis le fonctionnement d'un pareil ensemble.

En premier lieu, les instruments qui ont pour but de transmettre les signaux peuvent, comme tout instrument et si simple que soit leur construction, être déréglés et mal

Digitized by Google

fonctionner ou même ne pas fonctionner du tout avant qu'on ne s'en aperçoive. Mais en supposant même que leur fonctionnement ne puisse être mis en doute, encore faut-il que la machine humaine qui met ces instruments en mouvement, souvent fatiguée par un travail prolongé — on en a eu à Appilly un triste exemple — ne soit susceptible de la moindre défaillance, de la plus petite distraction, ce qui est assurément beaucoup exiger. Mais que toutes ces conditions soient réalisées, il en est encore une autre dont l'observation est non moins importante : la moindre négligence du mécanicien, son inattention en passant devant le signal qui aurait tout pu conjurer, mais qu'un brouillard inattendu, je suppose, aura rendu moins visible, et l'effet de tout ce matériel compliqué et coûteux sera annulé, et des catastrophes telles qu'il n'en est pas de plus terribles en seront la conséquence.

Il y a donc lieu de modifier les procédés actuels, puisque manifestement ils sont insuffisants ; mais ce qu'il importe d'y changer, ce ne sont certainement pas les appareils eux-mêmes, qu'une expérience aussi prolongée a forcément amenés à toute la perfection possible, et dont les défaillances ne sont le plus souvent que le fait d'une véritable fatalité. Ce qu'il faut, bien plutôt, c'est en créer de nouveaux, absolument indépendants, qui, *procédant par des principes tout différents*, j'insiste sur ce point, ajoutent leur effet à ceux-là et rendent tout à fait infinitésimales les dernières chances d'accidents. Ce qu on pourrait exprimer, en appliquant les principes les plus élémentaires du calcul des probabilités, en disant que si les chances d'accidents résultant du système de protection actuel correspondent, par exemple, à 1 sur 100 00 cas, que si celles résultant de l'application du nouveau système, considéré seul, correspondent aussi à 1 sur 10 000 cas, les chances d'accidents subsistant après l'application simultanée des deux systèmes ne seront plus que de 1 cas sur 10 000 × 10 000, c'est-à-dire de 1 cas sur 100 000 000. A ce point de vue donc, un système, *même très médiocre*, pourvu qu'il mette en action des moyens tout différents des systèmes en usage, ou même qu'il en diffère seulement par quelques points, suffirait, ajouté à ceux-ci, pour diminuer dans une proportion énorme les chances d'accidents.

Or, un moyen qui remplirait parfaitement ce but et qui se présente tout naturellement à l'esprit, consisterait à assurer une communication permanente des différents trains, soit avec les stations, soit les uns avec les autres ; c'est le problème déjà tant cherché de l'intercommunication des trains. Encore faut-il que ce système soit de la plus grande simplicité possible, car les chances de mauvais fonctionnement en seront réduites d'autant et aussi le prix d'établissement, qui n'est pas facteur à dédaigner dans une question de cette importance. En réalité, on n'est arrivé dans cette voie qu'à des résultats peu satisfaisants, tant en ce qui concerne les deux facteurs précédents que pour la netteté des résultats eux-mêmes. Cela provient peut-être de ce qu'on ne s'est pas assez préoccupé, dans ces recherches, du fait que le problème, considéré dans sa généralité, offre un intérêt très relatif, qu'il est possible de l'amener par des restrictions à un point qui en rend la solution non seulement plus aisée, mais même d'une grande simplicité.

Il importe peu, en effet, qu'une communication soit possible entre deux trains séparés l'un de l'autre par une grande distance et par d'autres trains ; c'est en outre un grave inconvénient que cette communication ne soit réalisée qu'à la volonté des mécaniciens, qui pourront précisément ne pas user des moyens mis à leur disposition alors qu'il sera urgent de le faire. Ce qui est nécessaire, à l'exclusion de toute autre chose, c'est que deux trains se suivant à une distance inférieure à celle que prescrivent les règlements soient immédiatement avertis de leurs positions réciproques par des signaux, non plus extérieurs aux trains, mais se produisant simultanément *sur les deux locomotives*, de manière à éveiller directement l'attention *des deux mécaniciens*, puisque de ces agents et d'eux seuls dépend, dans ces circonstances,

Digitized by Google

la sécurité des deux trains ; c'est que ces signaux, dès qu'il y a danger, se produisent en dehors d'une intervention quelconque des mécaniciens ou d'autres agents, c'est-à-dire soient automatiques ; c'est qu'enfin ou la nature, ou l'intensité, ou un caractère quelconque de ces signaux, soit fonction de la différence de vitesse des deux trains, qui seule constitue le danger, et indique avec netteté si le train signalé est en avant ou en arrière et en outre quelle est la distance à laquelle il se trouve.

Ces différentes conditions, assez complexes en apparence, pourraient être réalisées simultanément par une disposition analogue à celle, très simple, que nous nous proposons ici de décrire.

Supposons qu'une bande métallique ou un fil isolé LL', (fig. 1) divisé en sections de la longueur de celles du block-système et isolées électriquement entre elles, chemine le long de la

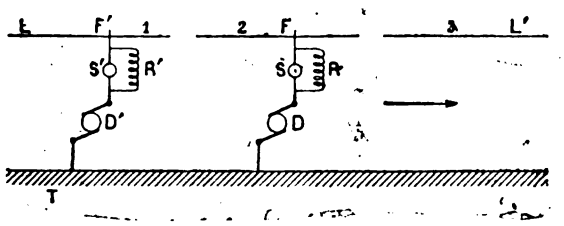


Fig. 1.

voie à protéger, perallèlement à celle-ci ; nous verrons d'ailleurs que la nature des signaux transmis par ce fil en permet l'établissement dans des conditions de simplicité très grande, et que sa présence ne constitue pas un obstacle sérieux comme dans la plupart des projets présentés pour réaliser l'intercommunication des trains.

A chaque locomotive est fixé un balai métallique isolé, F, qui vient frotter sur la bande et est en communication avec un des pôles d'une dynamo D calée directement sur l'un des essieux et dont la force électromotrice peut en conséquence être rendue proportionnelle à la vitesse de propulsion du train. L'autre pôle est relié par l'intermédiaire d'un appareil à sonnerie S, par exemple, avec la voie. Si ce train (fig. 1) est seul sur la partie de la voie correspondant à l'une des sections du fil isolé, le circuit de la dynamo reste ouvert et la sonnerie au repos ; si, au contraire (fig. 2), un second train muni d'un système

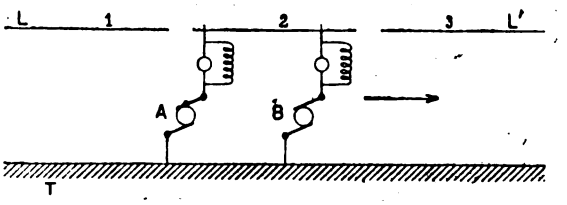


Fig. 2.

analogue s'engage sur cette même section, alors que le premier y est encore, le circuit est fermé par son intermédiaire à travers les deux dynamos et les deux *sonneries qui fonctionnent et attirent l'attention des* mécaniciens.

L'intensité du courant qui traverse le circuit est, en appelant R la résistance totale du circuit, dans laquelle on peut faire la résistance de la ligne négligeable, E et E', les forces électromotrices des dynamos: $\frac{E-E'}{R} = \frac{kv-kv'}{R} = \frac{k(v-v')}{R}$

Cette intensité est donc proportionnelle à la différence des vitesses et les sonneries fonctionneront d'autant plus énergiquement que cette différence sera plus grande, c'est-à-dire que plus grande sera la rapidité avec laquelle diminuera la distance qui sépare les deux trains ; si par exemple les deux trains, au lieu d'aller dans le même sens se dirigeaient l'un sur l'autre, au lieu de la différence des forces électromotrices, on aurait leur somme, c'est-à-dire le maximum d'intensité ; mais c'est là une hypothèse qu'il est inutile de considérer, sauf dans le cas de manœuvres dans les gares, chaque voie étant parcourue en général par des trains allant dans une même direction ; si au contraire les deux trains marchaient avec la même vitesse dans le même sens, les sonneries resteraient muettes ; et, en effet, le danger, même si les deux trains étaient très rapprochés, serait nul dans cette hypothèse. Enfin, la protection serait tout aussi efficace dans le cas d'un train arrêté sur la voie, car dans ce cas l'intensité passant dans les appa-

Digitized by Google

reils *des deux trains* serait $\frac{E-o}{R}$, c'est-à-dire très grande. On peut donc dire que, dans tous les cas, les indications des deux sonneries sont fonction de l'imminence du danger. Il serait même possible, si l'on jugeait la chose nécessaire, d'obtenir non plus seulement une notion de la différence des vitesses des deux convois, mais la valeur elle-même de cette différence en substituant à la sonnerie un ampèremètre qui serait gradué non en ampères, mais en kilomètres, puisque l'intensité est fonction de la vitesse.

On peut objecter que deux trains peuvent se trouver dans une situation analogue à celle que représente la figure 3, c'est-à-dire très voisins l'un de l'autre bien que se trouvant dans deux sections distinctes, et que dans ce

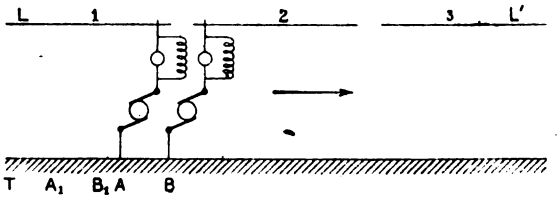


Fig. 3.

cas la protection n'existe plus. Mais on remarquera que, pour se trouver en A et B, il a d'abord fallu, puisque les deux trains avancent tous deux dans le même sens, qu'ils se trouvent par exemple en A_1 et B_1 et que, par conséquent, les mécaniciens aient été avertis. Il n'y a qu'un cas où le système semble en défaut : c'est celui où, par suite d'une circonstance quelconque, un train est arrêté à l'origine d'une section. Ceci d'ailleurs ne se rencontrera que dans le cas où le train restera en détresse sur la voie pour une cause accidentelle, telle que avarie à la locomotive, rupture de freins, etc., car il est bien évident que l'on établira les sections de telle façon que tous les points d'arrêt normaux, gares, etc., ainsi que toutes les voies de manœuvre, se trouveront dans le milieu d'une section. Pour se protéger dans ce cas, il suffira à un employé du convoi en détresse, de suivre la voie en arrière du train jusqu'à ce qu'il arrive à l'extrémité de la section, laquelle pourra être indiquée par un signal apparent, lanterne ou autre, et établisse, à l'aide d'un simple commutateur, une communication métallique entre cette section et la précédente. S'il ne rencontre pas l'origine de la section à 2 ou 300 mètres en arrière du train, celui-ci sera suffisamment protégé, les freins à air comprimé étant assez puissants pour arrêter même un express sur cette distance.

Il y a lieu maintenant de se demander comment, lorsque la sonnerie vient inopinément à fonctionner, le mécanicien peut savoir si le train qui a déterminé ce signal est avant ou en arrière, et si, en conséquence, il doit ralentir sa marche ou l'accélérer. Rien n'est plus simple : les origines des sections étant rendues apparentes ainsi que nous l'avons dit, soit par une lanterne, soit autrement, il suffit au mécanicien de constater lorsque la sonnerie fonctionne si, quand elle a commencé à fonctionner, la locomotive se trouvait ou non à l'entrée d'une section. Dans le premier cas, représenté dans la figure 4 pour le train A, le train signalé est évidemment en avant. Dans le cas contraire, qui est réalisé dans la figure 4 pour le train B, le train signalé est certainement en arrière et le mécanicien est ainsi renseigné immédiatement sur ce qu'il y a lieu de

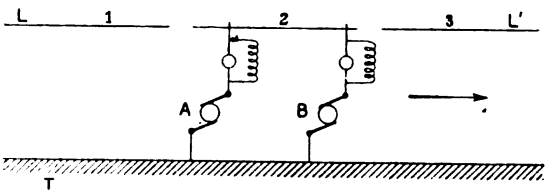


Fig. 4.

faire. En outre, la manœuvre elle-même que lui imposent les circonstances lui apporte une nouvelle vérification, car elle doit avoir pour premier effet d'amener graduellement la sonnerie à l'extinction, tandis que dans le cas d'une fausse manœuvre, le son émis par la sonnerie augmenterait de plus en plus dès le début.

Si on craignait que les signaux extérieurs

Digitized by Google

ne soient pas aperçus, soit par suite de la rapidité de la marche, soit par suite de brouillard ou d'extinction de la lanterne, et que de plus les mécaniciens n'aient pas une suffisante habitude de la ligne pour se rappeler exactement l'emplacement des différentes sections, on pourrait charger l'appareil lui-même, au prix d'une modification très simple, de donner aux mécaniciens toutes les indications nécessaires. A l'origine de chaque section, et sur une longueur de 20 ou 30 m., supposons le fil déplacé parallèlement à lui-même de 10 ou 15 cm. et ce tronçon M de 20 ou 30 m. relié électriquement avec le reste du fil de la section (fig. 5). D'autre part, au lieu d'une seule sonnerie sur chaque locomotive, supposons-

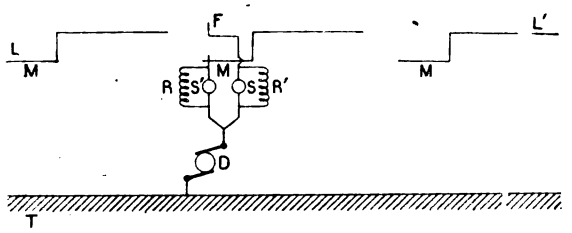


Fig. 5.

en deux: la première, S, est en communication avec un balai R disposé comme il a été dit pour frotter sur le fil principal ; le second, S' communique avec un balai semblable, mais diposé de manière à frotter sur le tronçon dont il vient d'être question. Il résulte de cette disposition que si la sonnerie S se met à fonctionner seule, le train est certainement engagé dans une section, c'est-à-dire que le train signalé est en arrière ; si, au contraire la sonnerie S' fonctionne la première ce qu'on reconnaîtra, je suppose, à son timbre différent, puis après 2 ou 3 secondes, la sonnerie S, on se trouvera au commencement d'une section et le train signalé sera en avant.

La durée pendant laquelle fontionnent les deux sonneries, permettra en outre aux mécaniciens de déterminer approximativement le dernier élément qui les intéresse, c'est-à-dire la distance qui les sépare ; car les sonneries ne pouvant se faire entendre que lorsque les deux trains sont à la fois sur la même section, on conçoit que plus longtemps se feront entendre les sonneries, et plus rapprochés seront les deux trains. Si, du reste, les mécaniciens connaissent parfaitement l'origine des sections, ce qui forcément sera le résultat d'une habitude un peu prolongée (et pourrait probablement dispenser en pratique de la complication du deuxième balai et du deuxième fil), le train avant sera renseigné immédiatement et exactement sur la proposition du train arrière : celui-ci, en effet, pénètre dans la section à l'instant même où les sonneries se mettent à fonctionner ; d'autre part, dès le moment où les sonneries s'arrêteront, le train arrière sera, à son tour, fixé exactement.

En somme, les explications qui ont été nécessaires pour la compréhension du système, se réduisent à ceci : le mécanicien entend fonctionner la sonnerie S seule ; dès ce moment, il sait qu'un train est en arrière à une distance inférieure à la distance normale : il accélère sa marche ; au contraire, il entend successivement les deux sonneries : un train est en avant et il lui faut ralentir sa marche ; les indications sont assez nettes pour qu'il n'y ait pas lieu à la moindre hésitation le cas échéant.

Venons-en maintenant à l'établissement de la ligne isolée, qui constitue évidemment la partie délicate d'une semblable installation. S'il était nécessaire que les signaux se produisent avec une régularité parfaite, que le contact du balai avec le fil soit à chaque instant établi d'une manière rigoureuse, comme il arriverait si, par exemple, on se proposait d'envoyer des signaux télégraphiques, on serait amené à un fil absolument rigide, c'est-à-dire à une bande métallique, cheminant sur la voie à quelques centimètres du sol. Il n'est pas douteux que, dans de telles conditions, le prix de l'installation et les difficultés que l'on aurait à vaincre pour assurer l'isolement offriraient des obstacles insurmontables. Telle a d'ailleurs été jusqu'ici la raison principale de l'insuccès des différentes tentatives faites dans cet ordre d'idées.

Digitized by Google

Mais nous pouvons remarquer ici, au contraire, qu'en supposant même chacune de nos sections divisées en un grand nombre de tronçons reliés électriquement, le système qui vient d'être décrit n'en conserverait pas moins toute son efficacité, les sonneries ne marchant que par intermittences, mais n'en fonctionnant pas moins de manière à attirer l'attention. Cette remarque donne tout d'abord toute latitude pour supprimer le fil sur quelques mètres partout où il est gênant, aux passages à niveau, aux croisements de voie, etc., en effectuant la liaison des deux tronçons par un fil souterrain. Elle nous permet, en outre, de constituer ce fil par une simple ligne télégraphique, à la condition que cette ligne soit fortement tendue, au-dessous de laquelle viendra frotter le balai, qui sera d'ailleurs assez peu rigide pour qu'il n'en résulte pas à chaque contact avec le fil des chocs compromettants povr la solidité, et dont le contact ne cessera que pendant quelques centimètres, au voisinage de chaque poteau. Un bon isolement sera alors aussi aisément réalisable que celui d'une ligne télégraphique ordinaire, et le prix d'établissement réduit à peu de chose. De plus, les sections étant absolument indépendantes les unes des autres, il serait facile, pour une expérience destinée à s'assurer du degré d'efficacité du système, de la localiser en certains endroits plus particulièrement dangereux, tels que courbes, tunnels, etc.

Les dispositions que nous venons d'examiner nous permettent donc de rendre presque rigoureusement impossibles les accidents résultant de collisions entre les trains marchant à des vitesses différentes, entre un train en marche et un train arrêté sur la voie par un accident ou une cause quelconque ; et cela, je le répète, non parceque le système en lui-même peut être considéré comme parfait, *loin de là peut-être*, mais que, reposant sur des principes essentiellement différents de ceux sur lesquels est basé le système actuel, les cas pouvant échapper à son action seront certainement prévus par ce dernier.

Mais, quoique les genres d'accidents que nous venons d'énumérer soient les plus fréquents, il en est d'autres que l'on doit être également en état de prévoir ; ce sont les prises en écharpe dans les endroits où des voies distinctes viennent à se couper. Or, il est facile d'indiquer une disposition qui permettrait d'arriver aisément à ce résultat. Soient A et B les deux voies principales, C une voie croisant B et sur laquelle peuvent circuler des trains provenant de A, qu'il faut protéger

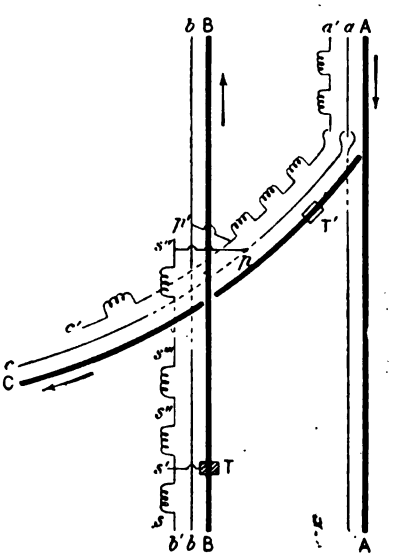


Fig. 6.

contre les trains circulant sur B et réciproquement.

Lorsque A est aiguillé sur C, le fil protecteur de A est en même temps raccordé, par la même manœuvre, avec le fil *c* protecteur de C. D'autre part, sur la ligne B, à partir de 100 ou 200 m. avant d'arriver au croisement et jusqu'à quelques mètres au-delà de ce croisement, supposons un fil supplémentaire *b'* (fig. 6), tendu par rapport au fil principal *b*, à peu près de la même manière que le tronçon de 20 ou 30 m. placé à l'origine de chaque section, mais de telle façon, cependant, qu'un 3e balai F'' fixé à la locomotive vienne frotter le long de ce fil et le mette directement en contact avec la terre ; en outre, ce fil, au lieu d'être continu, est divisé en un certain nom-

Digitized by Google

bre de sections équidistantes, $s, s', s'' \ldots$, reliées électriquement Ce fil est relié métalliquement en p au fil principal $a\ c$ de la voie croisée C. On conçoit que, si deux trains s'approchent simultanément du croisement, le train T mettant à la terre par l'intermédiaire de b le fil c, la sonnerie de T' se met à sonner par intermittences, avertissant le mécanicien à la fois du *danger* et de la *nature* de ce danger. Une disposition identique, constituée par le fil $a' c'$, relié à b en f' permet en même temps d'avertir de la même façon le mécanicien du train T. Le fil c' peut d'ailleurs être relié aux fils principaux de toutes les voies croisées au même endroit et sert ainsi à protéger à la fois toutes ces voies.

Il est évident que des dispositions fondées sur des principes analogues permettraient de prévenir les accidents aux aiguillages, aux points où des trains sont exposés par suite de manœuvres à marcher indifféremment dans un sens ou dans l'autre, etc. En particulier, sur ces derniers points (cas de l'accident d'Appilly), on fera bien d'établir les portions de voies correspondants dans le milieu d'une section, afin d'écarter l'hypothèse de deux trains arrivant en sens inverse à l'origine d'une section, sans avoir pu se prévenir. En particulier encore, on pourrait protéger les wagons destinés à rester isolés et immobiles sur les voies en les munissant à ce moment d'un contact frottant reliant le fil principal à la terre. Nous n'insisterons pas autrement sur les dispositions faciles à imaginer qui peuvent être employées pour chaque cas particulier.

Il est encore deux points cependant, sur lesquels il est nécessaire d'attirer l'attention. D'abord, pour que les signaux transmis par les appareils avertisseurs conservent leur signification, il est indispensable que le sens du courant produit par chaque dynamo dépende essentiellement du sens de la marche : il faut donc que la position de chaque locomotive par rapport à la voie reste immuable, ce qui revient à éliminer complètement les plaques tournantes, au moins pour la manœuvre des locomotives. Cet inconvénient, qui aurait été capital au début de l'industrie des chemins de fer, serait certainement, grâce à l'emploi presque général des aiguilles, très aisément surmonté aujourd'hui. Si l'on voulait absolument conserver l'emploi des plaques tournantes, il deviendrait nécessaire d'avoir un dispositif spécial et automatique permettant à chaque manœuvre d'inverser les connexions, mais il est bien certain que la sécurité en serait diminuée d'autant, les circonstances les plus graves pouvant être la conséquence de la moindre erreur à ce sujet.

En second lieu, on ne manquera pas d'objecter qu'un tel système, destiné à fonctionner à de très rares intervalles, et de par sa nature même, tout à fait accidentellement, ne marchera jamais régulièrement, que les appareils seront exposés au moment du danger à être hors d'état ; qu'enfin, même dans le cas où ils viendraient à fonctionner inopément, le mécanicien, surpris et troublé par des signaux avec lesquels il ne sera pas familiarisé, n'aura pas la liberté d'esprit nécessaire pour traduire correctement ces signaux, si simple qu'en soit d'ailleurs la traduction. Cette objection est trop grave pour qu'il ne soit pas nécessaire d'y trouver une réponse, mais, heureusement, le remède est facile à imaginer.

Il consiste à établir sur la ligne, à des intervalles très considérables, par exemple tous les 150 ou 200 kilomètres, des sections de quelques mètres seulement de longueur reliées à la terre et disposées de telle sorte que les balais correspondant aux deux sonnerie S et S' viennent y frotter successivement. Les appareils de chaque locomotive devront fonctionner au passage de chacune de ces sections, et les mécaniciens dont les appareils ne fonctionneraient pas régulièrement seraient ainsi avertis de leur mauvais état. En outre, ces vérifications continuelles auraient l'avantage de familiariser les mécaniciens avec les indications des sonneries, ce qui supprimerait toute hésitation de leur part si, le cas échéant, les sonneries annonçaient un danger.

Digitized by Google

Si, maintenant, passant de la description du système à examen des différents accidents qui, depuis quelques années, se sont produits sur nos réseaux, nous essayions d'apprécier l'étendue des services que ce système serait susceptible de rendre par la simple nomenclature des accidents dont son adoption nous aurait préservés, il faut reconnaître que de fortes présomptions seraient en sa faveur : si quelques-uns parmi ces accidents, tels que déraillements, éboulements d'œuvres d'art, etc., devaient par leur nature même échapper à un système de protection quel qu'il soit, les plus fréquents, de beaucoup, rentrent dans les divers cas que nous avons prévus : c'est Charenton, où un train de voyageurs est pris en écharpe par un autre ; c'est Saint-Mandé, où un train reste en gare après l'heure réglementaire et qu'une forte courbe a dérobé à la vue du train suivant ; c'est plus récemment l'accident du tunnel de Charonne, sous lequel un train reste en détresse par suite de la rupture d'un lien ; c'est enfin la catastrophe d'Appilly, etc. Tous ces accidents — et tant d'autres — auraient pu être évités parl'emploi d'une disposition analogue à celle que nous venons de décrire ; et du reste, un seul parmi eux aurait-il pu être épargné que la dépense nécesitée pour l'établissement des différents appareils serait largement justifiée, la valeur de l'existence humaine ne pouvant se traduire purement et simplement par un capital, quel qu'il soit, en dépit des prétentions des faiseurs de statistique.

Nons n'avons pas l'intention, nous le répétons, d'indiquer dans ces quelques lignes un système complet, définitif, susceptible d'une application immédiate. Nous n'avons voulu que signaler aux nombreux chercheurs qui travaillent dans cette voie quelques principes qui nous semblent nouveaux et que, peut-être, ils pourront mettre à profit.

G. Claude.

LA SOUDURE ÉLECTRIQUE

M. B. A. Dobson a récemment présenté à l'institution of Mechanical Engineers quelques résultats de son expérience des soudeuses électriques Elihu Thomson. Il emploie depuis trois ans deux de ces machines : l'une pour le soudage des barres de fer et d'acier, l'autre pour le brasage et la soudure de travaux plus délicats, de petites pièces, qui seraient endommagés par le feu de forge.

Les soudeuses sont alimentées par une dynamo Thomson Houston qui à 1000 tours et en pleine charge donne un courant de 200 ampères et 300 volts avec une fréquence de 100 doubles alternations par seconde : elle est excitée par une dynamo continue fournissant un courant de 40 ampères, 110 volts.

La grande soudeuse peut souder des barres allant jusqu'à 50 mm. de diamètre. Le primaire de son transformateur est composé de 41 tours d'un fil de cuivre de 11,5 mm. de diamètre enroulée autour d'une ame en fer lamellaire. Le secondaire est constitué par un seul tube de cuivre de 95 mm. de diamètre extérieur et de 45 mm. de diamètre intérieur (épaisseur 50 mm. section 6500 mm^2.). Ce tube enfoncé dans l'axe du noyau primaire est relié, à ses deux extrémités, à deux pièces de fonte massives de 160 mm. de large sur 75 mm. d'épaisseur, qui supportent, comme on le sait, les mâchoires en cuivre, dont l'une est fixe et l'autre mobile au moyen d'une vis commandée à la main.

La pression des barres l'une sur l'autre ne suffit pas en général pour assurer la soudure du moins avec le fer ou l'acier, il faut la compléter par un martelage immédiat du bourrelet formé par la soudure électrique. La distance entre les mâchoires doit être d'autant plus faible que les pièces à souder sont plus grosses, et quand ces pièces sont de diamètres différents, il faut les faire saillir des mâchoires de longueurs différentes telles que la résistance électrique maxima du système se produise au point même de contact. C'est ainsi

Digitized by Google

que pour souder une barre de 25 mm. de diamètre à une barre de 40 mm., il faudra

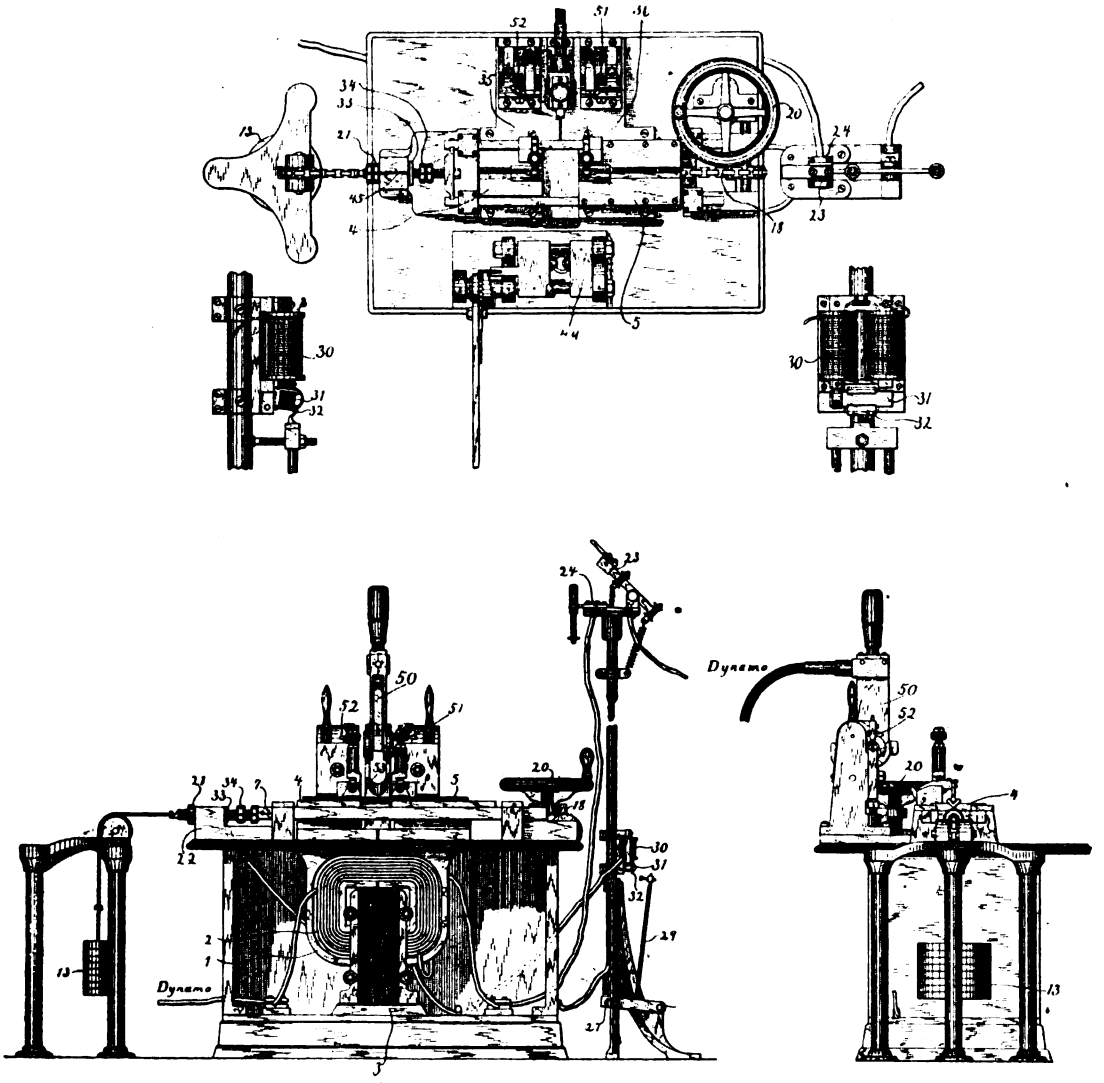


Fig. 1 à 5. Soudeuse Lemp et Anderson.

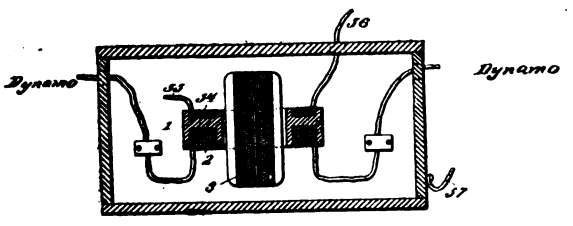


Fig. 6. Soudeuse Lemp et Anderson.

avancer la barre de 25 mm. de 75 mm. environ hors de sa mâchoire et celle de 40 mm. de 50^{mm}. seulement Il en est de même pour la soudure de barres de métaux différents, ou n'ayant pas la même conductibilité.

Il ne faut pas lancer immédiatement le courant avec toute son intensité, mais graduellement, par un rhéostat, sous peine de brûler la soudure et de fatiguer inutilement la machine. A la fin de l'opération, avant de retirer la pièce pour le martelage, on fait passer le courant à plein débit pendant une ou deux secondes.

Les sections des barres fraîchement coupées à la cisaille ou rompues sont, en général, suffisamment nettes pour être employées telles qu'elles à la soudure. Le peu de poussière qui

Digitized by Google

s'y trouve est expulsé au dehors de la soudure, avec l'oxyde et la scorie, quand on presse les bouts de barres l'un sur l'autre à la température soudante.

On peut souder couramment entre elles presque toutes les variétés de fers et d'acier, et le fer à la fonte; exécuter sûrement et facilement des rivures à chaud, resouder avec une grande précision des contre-arbres de tour sans en altérer la longueur, des tarauds, des axes, des cylindres lamineurs brisés au collet; exécuter des brasures de toute espèce.

NATURE de la SOUDURE	Durée du courant	PUISSANCE ÉLECTRIQUE — Watts / 746	Pertes dans les conducteurs et à l'excitatrice	Perte par les frottements (1)	Totale	Puissance indiquée
Barres en fer de 50 millimètres	243	59	10 8	18	87 8	
— (polies)	256	55	10.8	»	83 8	
— —	255	59	10 8	»	87 8	88
15 barres en fer de 24 mill..	57	17.7	6 3	»	42	42
7 — —	60	21	6 3	»	45.3	
Tube en fer de 25 millimètres.	67	20.1	6.8	»	44 9	
— —	66	19	6.8	»	43.8	
— —	61	24 7	6 8	»	49 5	
— —	86	15	6 8	»	33 8	
— —	65 1/2	25 5	6.8	»	50 3	49
Barres d'acier Bessemer de 25 mil.	64	22 3	8	»	48 3	49
— —	65	22	8	»	48	
— —	62	23	8	»	49	49
— —	54	27 6	7	»	52 6	51
— 19	37	13.5	6	»	39 5	36
— —	38	15 2	6	»	30 2	36.5
— —	50	17	6	»	41	48
— —	54	15	6	»	39	43
— 13	21	9.2	4.7	»	31 9	
— —	21	10.1	4.7	»	32.8	
— —	36	8	4 7	»	30.7	
— —	22	10 3	4 7	»	34	
— —	25	9.2	4 7	»	31 9	
— —	50	8	4.7	»	30 7	34

(1) Puissance absorbée par la machine à vapeur, l'alternateur et l'excitatrice tournant à blanc.

Le tableau ci-dessus fait connaître, aussi approximativement que possible, la puissance nécessaire pour souder des barreaux d'acier de diamètres variant de 13 à 50 mm. La mesure de l'énergie électrique du courant de soudure est difficile en raison de la perpétuelle variation de sa tension et de son intensité. En outre, comme la conductibilité du fer varie même d'une section à l'autre d'une même barre, l'on ne trouve jamais deux fois le même travail pour des soudures de barres de même diamètre. En outre, le rhéostat, qui est, comme on le sait, monté en série avec l'excitatrice, ne fonctionne pas toujours identiquement d'une même soudure à l'autre, de sorte que la tension du courant change; c'est une nouvelle cause de variations indépendantes du diamètre des barres. Pour effectuer ces mesures, on avait relié un électro-dynamomètre Siemens au gros enroulement d'un wattmètre Siemens en série avec le primaire de la soudeuse, qui portait, en dérivation, un voltmètre Siemens. On mesurait ainsi avec une certaine approximation les ampères et les volts virtuels, tandis que le wattmètre donnait l'énergie réellement absorbée par le transformateur, résultat contrôlé d'ailleurs par des diagrammes relevés en même temps sur la machine à vapeur spécialement attaché au service de la soudure. On ajoutait à cette énergie celle absorbée par la dynamo excitatrice et les conducteurs amenant le courant au primaire de la soudeuse — résistance 0,2 ohm — et de l'excitatrice à l'alternateur — résistance 2,6 ohms.

La soudure bien faite offre pratiquement, pour les petites barres jusqu'à 15 mm. environ, la même résistance que le corps même de la barre. C'est ainsi que M. Kennedy a, d'après M. Fish, trouvé, pour des barres d'acier Bessemer, les résultats suivants :

Diamètre de la barre	25 mm.	19	13
Résistance spécifique de la soudure...	92	97,5	100

Avec les aciers mêmes les plus durs, la résistance spécifique de la soudure atteint facilement 80 o/o.

Les pièces soudées peuvent facilement supporter l'épreuve du pliage à froid jusqu'à un angle de 66° sans criqués. Après un recuit par la soudeuse même sur une longueur de 120 à à 150 mm. cette angle peut atteindre 130°.

Quant au prix de revient pour des appareils suffisamment occupés, M. Dobson estime qu'il est pour les soudures simples de barres droites de 10 à 15 o/o plus élevé que celui des soudures à la forge : la perte de fer est d'environ $\frac{1}{20}$ du poids des barres. Dans les opérations difficiles et délicates des petites soudu-

Digitized by Google

res, la soudure électrique coûte, au contraire, trois fois moins cher ; mais jusqu'à présent le principal avantage de la soudure électrique est de présenter une sécurité absolue par la constance de ses résultats et parfois une sérieuse économie grâce à sa facilité d'adaptation à des travaux spéciaux.

La communication de M. Dobson a été suivie d'une discussion dont voici les passages qui nous ont paru les plus intéressants.

M. Worthington a vu aux États-Unis souder à l'électricité des pièces ayant jusqu'à 60 centimètres carrés de section. Il rappelle la soudure des rails à l'aide des appareils hydro-électriques qui ont été décrits en détail dans mes précédents articles. Avec trois hommes, il faut six minutes en moyenne pour souder un rail de 30 kg. par mètre. On emploi aussi avec succès la soudure à arc pour les cas ou il ne faut que peu de martelage ; enfin l'électricité trouve encore son emploi pour le perçage et le mortaisage des pièces de fonte.

D'après M. Webb qui n'a pas réussi dans un essai d'application de la soudure électrique au raboutage des tubes en fer des chaudières locomotives, cette soudure ne peut s'appliquer industriellement qu'à des suites de travaux en série, et non pas au travail excessivement varié des forges ordinaires d'ateliers de construction.

M. J. Platt cite l'heureux emploi à la Gloucester Wagon C° des appareils Thomson Houston en remplacement des appareils à arc, qui ont, au contraire, été avantageusement appliqué au récent local de plaques de blindage en acier trempé. L'application de l'arc aux points à percer de ces plaques permet d'y forer des trous sans être obligé de leur faire subir un recuit total au four. On l'a aussi appliqué au recuit des bords des tôles minces à emboutir.

D'après M. Aspinall la soudeuse électrique serait des plus utiles si elle pouvait s'appliquer facilement aux pièces de formes irrégulières. La machine de Burton est des plus intéressantes à ce point de vue. On pourrait aussi peut-être réparer par l'électricité les fontes d'acier en remplissant leurs soufflures par de l'acier fondu à l'électricité.

La soudeuse de *Lemp et Anderson*, représentée par les figures 1 à 6, est destiné spécialement au travail des métaux qui fondent avant de se souder, comme le cuivre et l'argent.

On reconnaît en 2 le primaire du transformateur à noyau lamellaire 3, entourée par le secondaire 1, supportant directement les

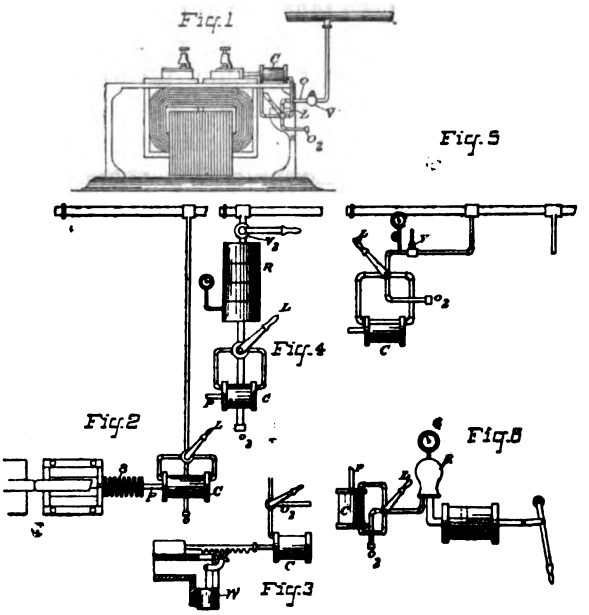


Fig. 7 (1 à 6) Lemp. Soudure des métaux fusibles.

mâchoires principales 4 et 5 et, sur ses prolongements 35 et 36, les mâchoires auxiliaires 51 et 52. La mâchoire mobile 5 est tirée vers 4 en appuyant la soudure par un poids 13, qui permet de régler cette pression, et l'étendue de la course est limitée par les butées 34 et 21 à vernier 45. Le rappel de la mâchoire 5 se fait par la chaîne 18 au moyen de la manette 20.

Dès la fin de la soudure, l'appui de 34 sur 33 ferme le circuit de l'enroulement 34 (fig. 4) sur l'électro-aimant 30, qui attirant son armature 32, lâche la tige 29 (fig. 1) de manière que le levier 23, rappelé par son ressort, rompe en 24 comme sur la figure le circuit du primaire 2, que l'on rétablit ensuite,

Digitized by Google

ainsi que l'enclènchement 31, 32, par la pédale 28.

La soudure faite, on l'apporte d'abord à l'outil 49 qui en ébarbe le renflement, puis aux mâchoires 51, 52, dans lesquelles ont fait passer le courant de manière à la porter à la température nécessaire pour le martelage du renflement par le marteau 50.

Il importe pour la soudure du cuivre et des métaux fusibles de pouvoir régler la pression avec la plus grande précision en fonction du diamètre des pièces pour éviter à la fois l'écrasement du métal par une pression trop forte et la rupture du circuit par une pression trop faible. A cet effet, *M. Lemp* a proposé de donner cette pression non pas à la main, mais par un cylindre hydraulique C, à valve régulatrice V et distributeur L directement (fig. 7) ou par l'intermédiaire soit d'un ressort S, soit d'un contrepoids réglable W ou encore par

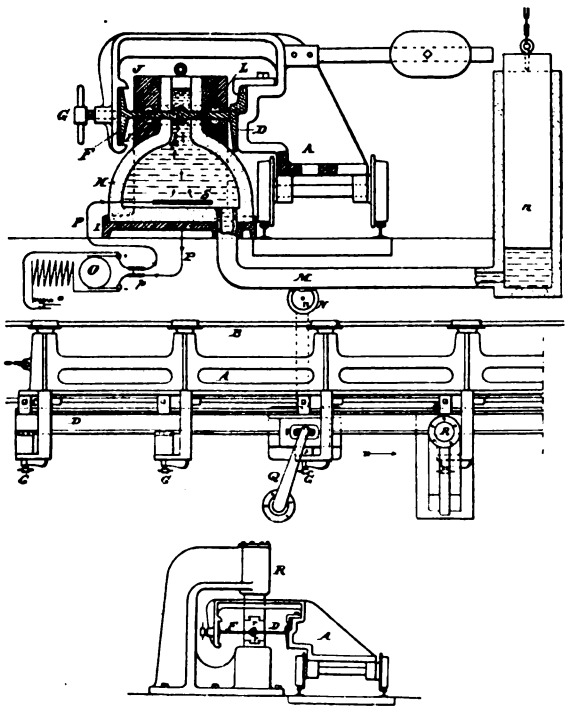


Fig. 8 et 9. Hunter.

une pression d'air comprimé, avec poche régulatrice R (fig. 6).

M. Hunter a (fig. 8 à 10) récemment proposé l'application en grand des procédés de soudure électrique sous l'eau dont il a été fréquemment question dans ce dernier temps.

En figure 8, ce procédé est appliqué à la soudure d'un rail en deux pièces. Ce rail est porté par un chariot A, avec pinces à vis G, serrant ses deux parties l'une sur l'autre. La longueur à souder est posée sur le haut de la partie métallique I d'un récipient en terre réfractaire H fermé par un pesant couvercle en fonte K avec joints L. On fait passer par l'électrode S et par I le courant continu d'une dynamo O au travers du rail et de l'eau acidulée *h* dont on remplit l'appareil en abaissant le piston *n*. Il faut, d'après M. Hunter, employer un courant beaucoup plus intense que par les procédés ordinaires de soudure par courants alternatifs. Une fois la soudure faite, on enlève par la grue Q le couvercle K puis on pousse sur H une nouvelle section du rail et l'on amène la section soudée au marteau R qui achève la soudure par le martelage de la nervure centrale *r*.

Dans l'appareil (fig. 10) l'eau acidulée est

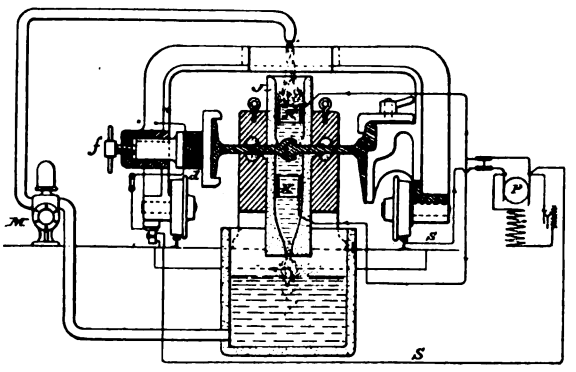


Fig. 10. Hunter. Soudure électrique sous l'eau.

maintenue en circulation par une pompe M au travers du tube J et des électrodes négatives en plomb K de la dynamo P, dont le pôle positif est relié par S aux deux patins du rail. Un solénoïde *d*, dérivé sur S, facilite l'attache de la pince *f*. La circulation d'eau doit être assez active pour maintenir le tube J constamment rempli pendant toute la durée de l'opération.

M. Coffin, qui est, comme on le sait, le principal promoteur de la soudure à arc aux États-

Digitized by Google

Unis, continue à varier sans cesse la forme de ses appareils.

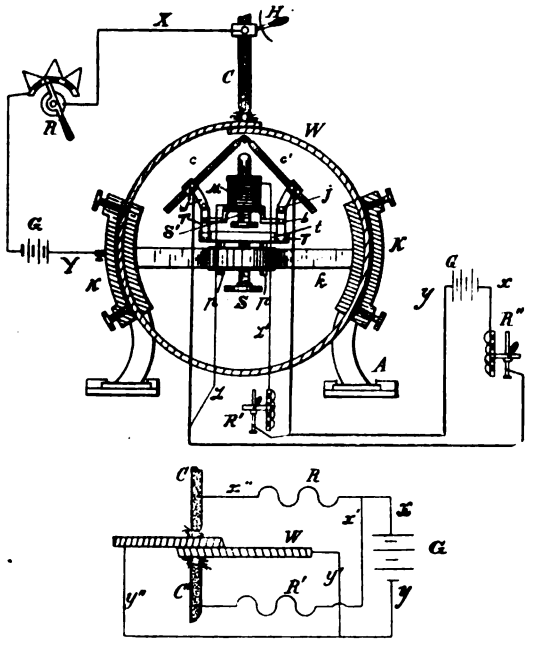


Fig. 11 et 12. Coffin. Soudure à l'arc.

En figure 11 et 12, la soudure est faite par deux

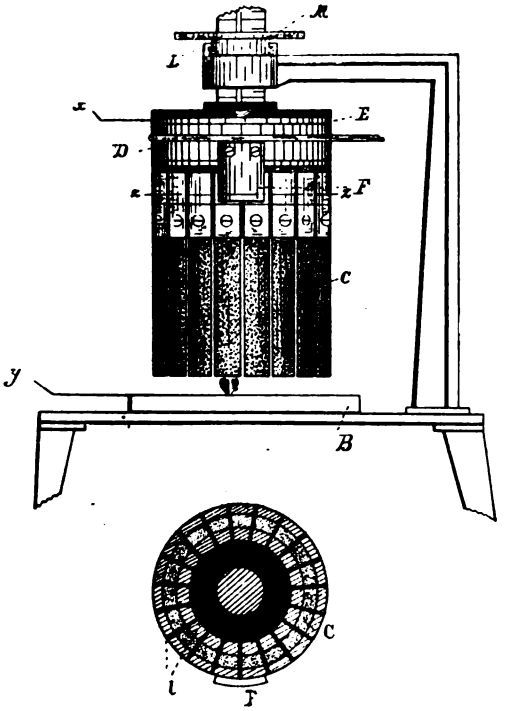


Fig. 13 et 14. Coffin. Soudure à l'arc.

arcs, le principal alimenté par G jaillit entre le métal W à souder et le charbon C à manche H; le second alimenté par x jaillit sous C entre deux charbons et est soufflée sur W par un électro-aimant M. On peut ainsi souder des tôles très épaisses sans risquer de les brûler comme par l'emploi d'un seul arc excessivement puissant.

En figure 13, l'arc jaillit successivement entre la pièce en travail B et chacun des charbons, supportés par l'écrou M et mis l'un après l'autre en circuit par le contact mobile F suivant F D E X J B.

D'après *M. Lemp*, ingénieur de la compagnie Thomson Houston, il faudrait dépenser pour la soudure du fer, du bronze et du cuivre les puissances indiquées au tableau ci-contre (1) :

FER ET ACIER				BRONZE				CUIVRE			
SECTION EN CENTIMÈTRES CARRÉS	WATTS FOURNIS AU PRIMAIRE DE LA SOUDEUSE	DURÉE EN SECONDES	PUISSANCE EN CHEVAUX FOURNIE A LA DYNAMO	SECTION EN CENTIMÈTRES CARRÉS	WATTS FOURNIS AUX PRIMAIRE DE LA SOUDEUSE	DURÉE EN SECONDES	PUISSANCE EN CHEVAUX FOURNIE A LA DYNAMO	SECTION EN CENTIMÈTRES CARRÉS	WATTS FOURNIS AU PRIMAIRE DE LA SOUDEUSE	DURÉE EN SECONDES	PUISSANCE EN CHEVAUX FOURNIE A LA DYNAMO
3.2	8.350	33	14.4	1.60	7.500	17	12.6	0.8	6.000	8	10
6.4	16.700	45	23	6.4	13.500	22	22.6	1.60	14.000	11	23.4
9.6	23.500	55	39.4	9.6	19.000	29	31.8	2.40	19.000	13	31.8
12.8	29.000	65	48.6	6.4	25.000	34	42	3.20	25.000	16	42
16.1	34.000	70	57	6.56	31.000	38	52	4	31.000	18	51.9
9.3	39.000	75	65.4	9.6	46.000	42	60.3	4.80	6.500	21	61.2
22.6	44.000	85	73.7	11.20	54.000	45	67	5.60	44.000	22	72.9
25.6	50.000	90	82.8	12.8	61.000	47	73.7	6.40	49.000	23	82.1

(1 Distance, en re les mâchoires, égale à 2 fois le diamètre de la barre pour le fer, 3 fois pour le bronze, 4 fois pour le cuivre.

La durée minima de l'opération dépend de la nature du métal. Les métaux dont la nature change avec la température et les métaux fusibles comme le cuivre, le bronze, l'acier dur, peuvent se souder très rapidement. Aux États-Unis, on n'hésite pas à augmenter la puissance des appareils pour pouvoir souder le plus rapidement possible. On compte, en général, qu'il faut environ un demi-cheval minute (2250 kilogrammètres) pour amener à la température soudante un centimètre cube de métal. L'énergie à dépenser est la même pour le fer, le cuivre et le bronze, mais avec les

(1) *Engineering Magazine*, août 1894, p. 691.

Digitized by Google

métaux très conducteurs de la chaleur, il faut aller le plus vite possible, avec des machines très puissantes, pour réduire au minimum la perte par rayonnement. Avec les pièces larges et courtes, qui augmentent la conduction, ou perte de chaleur, par les mâchoires, il faut dépenser de 0,6 à un cheval-minute par centimètre cube.

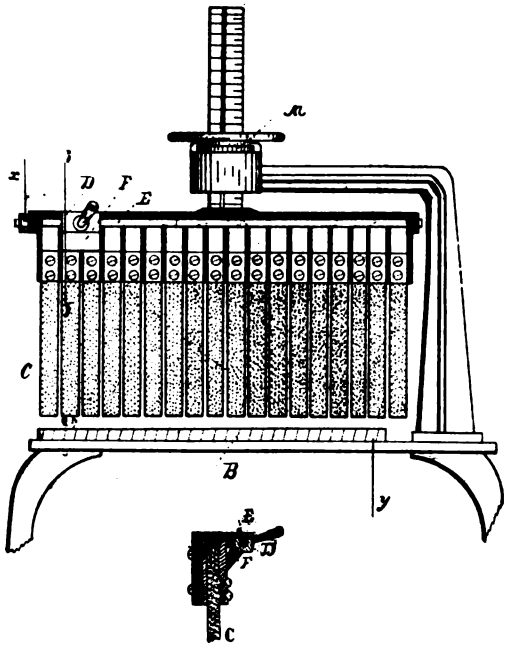


Fig. 15 et 16. Coffin. Soudure à l'arc.

On utilise pour la soudure environ 75 o/o de l'énergie électrique totale qui traverse les barres. On en perd 25 o/o par rayonnement, conduction ; et, pour une marche continue, l'on ne dépense pas plus de charbon avec le procédé électrique qu'avec la forge.

Toutes les tentatives faites pour emmagasiner l'énergie du moteur, pendant les intervalles entre les soudures au moyen de volants, d'accumulateurs, etc., pour la restituer pendant la soudure, ont manqué aux États-Unis, où l'on prend toujours le parti d'établir les installations très largement, de manière à disposer toujours d'un excès d'énergie. Cette énergie peut s'emprunter aux stations centrales directement, ou quand elles distribuent des courants continus d'environ 500 volts, par des transformateurs-moteurs. C'est ainsi que l'on se procure souvent les 200 chevaux nécessaire pour la soudure des rails de tramways. Le train soudeur comprend un wagon dynamo dans lequel le courant continu de 500 volts 275 ampères, fourni par la station centrale, se transforme en courants alternatifs de 300 volts 650 ampères. Le transformateur-moteur n'a qu'un seul enroulement ; c'est un moteur à courant continu avec commutateur ayant — dans un moteur bipolaire — ses segments écartés de 180° reliés à deux anneaux collecteurs ; il agit comme un commutateur tournant reliant alternativement les deux pôles du primaire de la soudeuse aux circuits du trolly et de terre en sens contraires Son rendement est d'environ 92 o/o. L'appareil soudeur, avec ses deux transformateurs isolés à l'huile peut être employé sans danger en pleine pluie. Un rail de 35 kg. par mètre courant est exposé par ses dilatations, etc., à des efforts pouvant aller jusqu'à 70 tonnes, et la soudure électrique résiste à une traction de 125 tonnes.

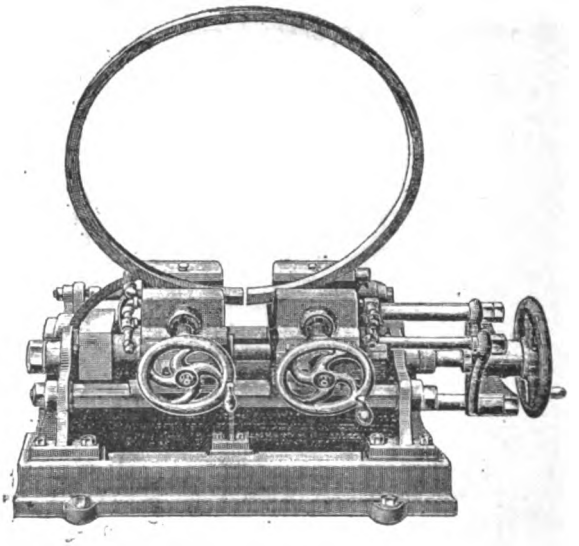


Fig. 17. Electric pipe bending C°.

La soudure électrique est, trés usitée en Amérique, notamment par l'American Projectile C°, pour la soudure des obus. On peut, par l'emploi simultané de la soudure électrique et de la

Digitized by Google

forge hydraulique, fabriquer les obus en deux pièces : la tête en acier très durs, le culot en acier ordinaire, parfaitement soudées et équilibrées, et cela, d'après M. Lemp, à un prix égal à celui d'un obus en fonte.

Certaines usines emploient la soudure électrique sur une très grande échelle.. La Johnson Company, de Johnstown, par exemple, possède une installation de 1200 chevaux : on y fait couramment des soudures de 80 à 170 cm. carrés pour les croisements de voie, les aiguilles, etc.

L'Electric Pipe Bending C° emploie la soudure électrique pour la fabrication des serpentins dont les différentes sections sont soudées à mesure qu'elles vont à la machine à courber. Un seul appareil (fig. 17.) a, comme exemple, soudé par jour 1500 m. de tube de 25^{mm} de diamètre, 1050 m. de tubes de 50 mm. courbés, 1050 m. de tubes de 25^{mm}, soudé et courbé 600 m. de tubes de 50 mm. Le tube passe de la soudeuse dans un four à coke de l'appareil courbeur ; la soudeuse est montée sur rails, et suit le tube pendant qu'il s'enroule, en faisant ainsi la soudure d'une façon continue.

GUSTAVE RICHARD.

DU POUVOIR ÉCLAIRANT

DES PROJECTEURS DE LUMIÈRE ÉLECTRIQUE (1)

DÉTERMINATION DU POUVOIR ÉCLAIRANT DES PROJECTEURS DE LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

Si nous connaissons la distance focale et le diamètre d'ouverture d'un réflecteur parabolique, dans lequel le centre du cratère du crayon positif se trouve au foyer, l'axe des charbons, coïncidant avec celui du réflecteur, et les intensités de la lumière suivant différents angles avec l'axe des charbons étant supposées données (déterminées par l'expérience), nous avons tous les éléments nécessaires pour résoudre le problème du pouvoir éclairant d'un réflecteur donné.

En parlant « de l'intensité de la lumière sous un angle donné », nous comprenons par là la densité d'éclairement d'une certaine surface, plus exactement, d'un certain plan infiniment petit, tel, que la droite menée de son centre au centre de la source lumineuse — dans notre cas c'est le foyer du paraboloïde — forme avec l'axe l'angle donné, le plan (de cet élément) étant normal à cette droite ; la longueur de celle-ci = l'unité, soit un mètre.

Si nous savons résoudre ce problème, ne fût-ce qu'approximativement, avant de construire ou d'acquérir des réflecteurs des dimensions différentes, nous pouvons déterminer d'avance, sur notre pupitre, quels réflecteurs seront préférables dans les conditions données.

Pour pouvoir aborder la solution du problème, il faut avant tout le poser d'une manière précise. Supposons pour cela qu'à une certaine distance — en général assez grande — on ait placé un écran plan, dont la surface est perpendiculaire à l'axe du réflecteur. Les rayons du réflecteur éclairent sur cet écran un certain cercle, dont ils ne dépasseront pas la circonférence et dont le rayon sera d'autant plus grand que l'écran sera plus éloigné du réflecteur, dont, en outre, le centre coïncidera avec le point où l'axe du réflecteur traverse l'écran.

Ce cercle ne sera pas, en général, uniformément éclairé, mais en tout cas, aux points également éloignés du centre, les intensités de l'éclairement doivent être identiques par suite de la symétrie complète de tous les plans passant par l'axe.

Si nous déterminons pour un réflecteur donné le rayon du cercle qu'il éclaire sur l'écran lorsque celui ci se trouve à des distances différentes, et l'intensité de l'éclairement aux points de ce cercle inégalement distants de son centre, alors la réunion des nombres semblables peut être appelée, avec certain droit la *caractéristique du réflecteur donné* ; puis, pour plus de clarté, nous pouvons

(1) Voir l'*Eclairage Électrique* du 15 septembre 1894, p. 1.

Digitized by Google

représenter les séries des nombres analogues graphiquement — au moyen de courbes.

De plus, nous montrerons encore comment il y a lieu de déterminer — très relativement et comparativement, il est vrai — la visibilité des objets situés sur l'axe du réflecteur à des intervalles divers et observés à différentes distances.

Dans les lignes précédentes, nous nous sommes appliqués à exposer le plus exactement possible, comment nous posons le problème. Maintenant, nous expliquerons, en traits généraux, *comment nous procédons pour le résoudre*, et ensuite nous aborderons la solution elle-même. Tout d'abord nous ferons remarquer que la distance entre l'écran et le réflecteur sera partout désignée par D (1) et que lorsque nous aurons à parler de la quantité de lumière que reçoit une surface donnée, nous prendrons toujours pour unité la quantité de lumière que reçoit la surface d'un mètre carré, l'éclairement étant uniforme et l'intensité de cet éclairement étant égale à l'intensité d'éclairement d'une bougie à un mètre de distance.

La répartition de la lumière sur l'écran sera étudiée de la façon suivante : d'abord nous rechercherons qu'elle est la quantité de lumière qui tombe sur la partie centrale du cercle éclairé, limitée par une circonférence concentrique de rayon angulaire de 10 minutes (c'est-à-dire d'une circonférence dont le rayon linéaire = D tg 10′, désignant par D, comme il a été convenu, la distance entre le réflecteur et l'écran); puis, quelle quantité de lumière recevra la surface de *l'anneau* compris entre cette circonférence et une autre de rayon angulaire de 20′; ensuite, quelle quantité de lumière recevra la surface de l'anneau compris entre la circonférence de rayon angulaire de 20′ et une autre dont le rayon est de 30′ et ainsi de suite... Divisant la quantité de lumière par les aires des parties respectives, nous trouverons les intensités lumineuses correspondantes, en admettant que chaque partie soit uniformément éclairée sur tous ses points.

Supposé l'absorption de la lumière par l'atmosphère d'abord égale à zéro, nous multiplierons ensuite les nombres obtenus suivant cette hypothèse par le coefficient correspondant, que nous désignerons par *k*.

Les rayons qui émanent d'un point situé au foyer d'un paraboloïde forment, comme on sait, après réflexion, un faisceau « parallèle à l'axe», c'est à-dire plus exactement un faisceau de rayons parallèles à l'axe; mais les rayons émanant d'un point quelconque du paraboloïde divergent tout de suite, ou bien ils convergent d'abord, se croisent et divergent ensuite; seulement, dans ce cas aussi bien que dans l'autre, il sera plus juste de dire qu'*en somme, au total*, les rayons forment un faisceau *divergent;* lorsque la distance du point d'émission au foyer est courte, le faisceau est faiblement divergent, mais il l'est toujours.

Pour notre analyse, nous disposerons mentalement les rayons envoyés par le réflecteur dans l'espace en groupes (ou faisceaux), *déterminés par ceci que tous les rayons d'un faisceau donné sont réfléchis par un même point du réflecteur,* mais émanent de points différents de la surface éclairante.

Tous les rayons de chacun de ces groupes forment — comme cela sera montré plus loin — un faisceau divergent, limité par la surface d'un « cône oblique ». Cette surface — comme on le démontre en géométrie analytique — se coupera avec le plan de l'écran, suivant une certaine *ellipse*. De même, les faisceaux des rayons d'un autre groupe, réfléchis par un autre point du paraboloïde, donnera sur l'écran une autre ellipse, couvrant en partie la première et ainsi de suite. C'est la réunion de toutes ces ellipses qui forme notre *cercle éclairé*.

(1) A proprement parler, l'expression : « la distance entre l'écran et le réflecteur » n'est pas bien exacte: la distance de l'écran au sommet du réflecteur est autre qu'à son foyer, etc. Seulement nous supposerons toujours l'écran tellement éloigné que les dimensions du réflecteur comparativement à cette distance, forment une grandeur négligeable.

Digitized by Google

Si, maintenant, nous trouvons la partie de chaque ellipse qui tombera en dedans de la circonférence dont le rayon angulaire est de 10′, la partie qui tombera dans l'anneau compris entre les circonférences de rayons angulaires de 10′ et de 20′, etc., etc., nous pourrons — en supposant chaque ellipse éclairée uniformément (voir plus bas) — déjà déterminer la répartition de la lumière sur notre « cercle éclairé », comme cela ressortira de ce qui sera dit plus loin.

Procédons maintenant aux opérations et calculs mêmes; dans ce but, divisons par la pensée notre réflecteur en zones de la manière suivante :

Soit la figure 11, une section de notre

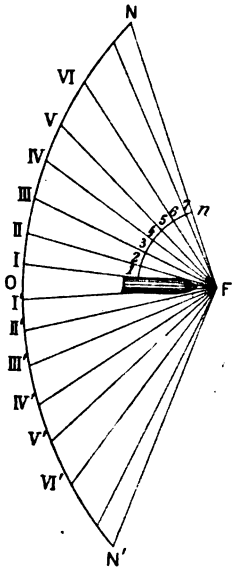


Fig. 11

réflecteur par un plan quelconque, passant par l'axe, et admettons que l'axe de notre réflecteur soit horizontal et que la section soit verticale. Du foyer F, menons en haut la droite FI qui fasse avec l'axe un angle de 5°; puis menons — encore en haut — une autre droite FII, faisant avec l'axe un angle de 15°; puis menons — toujours en haut — une troisième droite FIII à 25° de l'axe et ainsi de suite, en augmentant toujours de 5° l'angle que ces droites forment avec l'axe, jusqu'à ce que nous arrivions à la droite qui joint le foyer à l'extrémité N de notre coupe. Supposons que nous ayons un réflecteur dont la distance focale soit de 300 millimètres et le diamètre de son ouverture = 450 mm. (comme dans le cas particulier, dont nous parlerons par la suite), alors cette dernière droite fera avec l'axe un angle de 75°44′ environ, de sorte que nous n'aurons pas à mener une droite suivant l'angle de 75°. On en peut faire autant de l'autre côté de l'axe, c-à-d. mener du foyer *en bas* les droites FI′, FII′, FIII′...FN′ qui formeraient respectivement avec l'angle des axes de 5°, 15°, 25°, etc. Nous ferons observer, en passant, qu'en parlant *des angles qui se forment avec l'axe*, nous admettons comme « *direction positive de l'axe* » celle *du foyer* F *vers le sommet* O, et non pas la direction *du sommet vers le foyer*, contrairement à ce qui se fait d'habitude.

Par la rotation de toute notre figure autour de son axe, les arcs paraboliques OI,I II, II III, etc., ou bien, si l'on veut, les couples d'arcs paraboliques I et OI′; OI II et I′ II′; II III et II′ III′... décriront des zones, dont la réunion engendrera notre paraboloïde.

La zone décrite par l'arc I II (par la couple d'arcs : I II et I′ II′, si l'on veut), nous l'appellerons : « la zone [5°—15°] »; la zone décrite par l'arc II III, nous l'appellerons : « la zone [15°—25°] », etc., etc.

Examinons maintenant séparément l'effet de toutes ces zones, c'est-à-dire la quantité de lumière envoyée par chacune, la répartition de cette quantité de lumière sur l'écran (voir plus haut), etc.

La zone décrite par l'arc parabolique OI se perd sans utilité : elle se trouve dans l'ombre du crayon négatif, de sorte que nous n'avons pas à nous en occuper du tout.

En étudiant l'effet des autres zones, nous nous permettrons ce qui suit :

En examinant, p. ex., la zone [5°—15°], au lieu de la diviser en zones élémentaires infiniment petites, de rechercher l'effet de chacune de ces zones élémentaires et de sommer (intégrer) toutes ces opérations, nous ne considé-

Digitized by Google

rerons qu'une zone élémentaire moyenne, engendrée par la rotation d'un arc parabolique infiniment petit, tel que la droite menée du foyer à son centre engendre avec l'axe un angle de $\frac{5°+15°}{2}$, c. à. d. un angle de 10°, de sorte que, d'après notre terminologie, cette zone élémentaire doit être représentée par : $[(10°-\delta)-10°+\delta)]$ où δ représente une fraction de degré infiniment petite. C'est l'effet de *cette* zone que nous analyserons, en admettant que la répartition de la quantité de lumière... envoyée *par toute la zone* [5°—15°] sur l'écran, c. à. d. sur le cercle central et les anneaux limités par les circonférences concentriques, (voir plus haut) — est la même que celle de la quantité de lumière envoyée par cette zone élémentaire; de sorte que, si de la quantité de lumière envoyée par cette zone élémentaire, le cercle central de l'écran reçoit n %, il recevra également n % de la quantité de lumière *envoyée par toute la zone* [5°—15°]... Si le premier anneau, à partir du centre, reçoit n' % de la quadtité de lumière envoyée par ladite zone élémentaire, ce que cet anneau recevra de la quantité de lumière envoyée *par toute la zone* [5°—15°] sera également de n' %, et ainsi de suite...

De même, en étudiant la zône [15°—25°] nous n'examinerons que la zône [(20°—δ] — [20°+δ], etc.

Ceci, certes, n'est qu'une hypothèse, mais elle est justifiée par les considérations suivantes : premièrement, ce que nous avons principalement en vue c'est la comparaison de divers réflecteurs, et si nous commettons une erreur pour un réflecteur, nous commetterons à peu près la même erreur pour un autre réflecteur, de sorte que, dans la comparaison, les erreurs se neutralisent en partie et de plus — *fait très important* — la partie voisine du sommet de la parabole où la courbure est la plus forte et où les erreurs pourraient être le plus sensibles, cette partie ne compte justement pas, par suite de ce fait qu'elle se trouve dans l'ombre du charbon négatif. Il faut encore remarquer ceci, que les données sur les intensités de la lumière suivant différents angles avec l'axe, ne se distinguent guère par leur exactitude, non plus que par leur conformité même chez le seul et même expérimentateur, de sorte qu'il serait irrationnel de s'occuper outre mesure de l'exactitude de l'analyse.

Ainsi donc nous devons étudier tout d'abord la répartition de la quantité de lumière que l'écran reçoit d'une zône *élémentaire* donnée, par exemple, de la zône $\left[(10° - \delta) - (10° + \delta)\right]$.

Admettons que la partie M_1 de toute cette quantité tombe dans le cercle de rayon p_1; la partie M_2 dans le cercle de rayon p_2 et, par conséquent, la partie $(M_2 - M_1)$ dans l'anneau compris entre les circonférences concentriques de rayons p_1 et p_2 (qui limitent les deux cercles dont nous venons de parler); la partie M_3 — dans le cercle de rayon p_3 et, par conséquent, la partie $(M_3 - M_2)$ — dans l'anneau compris entre les circonférences concentriques de rayons p_2 et p_3, etc, (1).

Ensuite, conformément à notre hypothèse, nous admettrons que la même partie M_1 de la quantité de lumière que l'écran reçoit *de toute la zone* (5°—15°) tombera dans le cercle de rayon p_1; la même partie M_2 de cette quantité tombera dans le cercle de rayon p_2, et ainsi de suite.

De même, ayant calculé M_1, M_2, M_3 — en général différentes — pour la zone $(20 - \delta)$ — $(20° + \delta)$ nous admettrons que la même partie M_1 de la quantité de lumière reçue par l'écran *de toute la zone* (15° — 25°) tombe dans le cercle de rayon p_1, etc.

La quantité de lumière reçue par l'écran d'une zône donnée est égale à la quantité de lumière qui tombe sur cette zone de la source lumineuse, multipliée par un certain coefficient d'affaiblissement dépendant de la subs-

(1) Par p_1 p_2, nous sous-entendrons les grandeurs : D. tg 10', D. tg 20', etc. Mais on pourrait aussi bien admettre pour p_1, p_2 p_3... les grandeurs: D. tg 5', D. tg 10', D. tg 15', etc.

Digitized by Google

tance dont le réflecteur est fait et de l'angle d'incidence des rayons sur cette zone ; il est évident que pour la zône (5° — 15°), nous pourrions admettre que cet angle soit, en moyenne, égale à l'angle d'incidence du rayon qui fait avec l'axe un angle de 10°; pour la zône (15° — 25°) nous pourrions l'admettre égal à l'angle d'incidence du rayon qui fait avec l'axe un angle de 20°, etc. De plus, le coefficient dont nous venons de parler dépend encore de l'absorption des rayons par l'atmosphère sur l'étendue du réflecteur à l'écran. Nous admettrons que — indépendemment de la substance et de l'angle d'incidence — la lumière réfléchie soit de 90 0|0 (1), mais pour le moment, nous désignerons ce coefficient (de réflexion) par la lettre K ; ce n'est que plus tard que nous la remplacerons par sa valeur: 0,9.

La quantité de lumière qu'une zone donnée reçoit de la source lumineuse, peut-être trouvée, avec une approximation plus que suffisante dans la pratique, de la façon suivante.

Prenons comme exemple la zone (5° — 15°); tout ce que nous dirons de cette zone s'appliquera, bien entendu, à toute autre zone, sauf quelques variations numériques faciles à comprendre.

Sous l'angle $\frac{5°+15°}{2}$ c'est-à-dire de 10° avec l'axe, l'intensité de la lumière $= A_{10}$, où A_{10} est donnée; par conséquent, sur la zone sphérique — engendrée par la rotation de toute notre figure 11 autour de son axe par l'arc 1—2 d'un cercle de rayon d'un mètre, arc compris entre les droites FI et FII — tombera une quantité de lumière égale à A_{10}, multipliée par le nombre de mètres carrés contenus dans cette zône sphérique, nombre que nous appellerons P_{10}.

C'est cette quantité de lumière —, à peu de choses près que recevra [5° — 15°].

(1) Tel est, à peu près, dans les meilleures conditions, le pouvoir réfléchissant d'une couche d'argent, déposée sur le verre par voie chimique, dont on fait usage dans les réflecteurs les plus récents.

Il en résulte que nous devons procéder de la façon suivante: trouver M_1, M_2, M_3... pour la zône [5° — 15°] c'est-à-dire conformément à notre hypothèse pour la zône élémentaire $\left((10° - \delta) - (10° + \delta)\right)$ et alors le produit $k \times K \times A_{10} \times A_{10} \times P_{10} \times M_1$ (1) représentera la quantité de lumière que reçoit de la zône parabolique [5° — 15°] le cercle de rayon p_1; $k \times K \times A_{10} \times P_{10} \times M_2$ représentera la quantité de lumière reçue de la même zône par le cercle de rayon p_2, et, par conséquent, $k \times K \times A_{10} \times P_{10} (M_2 - M_1)$ est la quantité de lumière reçue de cette zone par l'anneau compris entre les deux circonférences, qui limitent les cercles ci-dessus.

Par le même procédé, nous trouverons que $k K A_{10} P_{10} M_3$ est la quantité de lumière que reçoit de la zone [5°-15°] le cercle de rayon p_3, et que $k K A_{10} P_{10} (M_3 - M_2)$ est la quantité que reçoit de cette zone l'anneau compris entre les circonférences des rayons p_2 et p_3.

Ensuite nous trouverons M_1, M_2, M_3, — en general différents, — pour la zone [15°-25°] et nous verrons que $k K A_{20} P_{20} M_1$ est la quantité de lumière qui reçoit de la zone [15°-25°] le cercle de rayon p_1, et ainsi de suite.

Ainsi donc, *au total*, la quantité de lumière que le cercle de rayon p_1 reçoit *de toutes les zônes*, c'est-à-dire de tout le réflecteur donné, est :

$$\Sigma\, k\, K A P M_1 \quad \text{ou bien} \quad k\, K\, \Sigma A P M_1 ;$$

le cercle de rayon p_2 recevra :

$$k\, K\, \Sigma A P M_2 ;$$

le cercle de rayon p_3 recevra :

$$k K\, \Sigma A P M_3 .$$

De sorte que le premier « anneau » — à partir du centre — recevra la quantité de lumière :

$$k\, K\, (\Sigma A P M_4 - \Sigma A P M_1),$$

(1) Où A_{10}, P_{10}, k et K ont la signification susindiquée, à savoir : A_{10} est l'intensité de la lumière sous l'angle de 10° avec l'axe ; P_{10} est l'aire de la zône sphérique engendrée par la rotation de l'arc 1 — 2 (voir fig. 11) ; k est le coefficient de réflexion, supposé indépendant de l'angle d'incidence du rayon sur le réflecteur ; K le coefficient, dépendant de l'absorption atmosphérique.

Digitized by Google

le second anneau — à partir du centre — recevra :

$k\,K(\Sigma APM_3 - \Sigma APM_4)$, et ainsi de suite.

En divisant $k\,K\Sigma APM_1$ par l'aire du cercle de rayon p_1, c'est-à-dire par πp^2 ou par la quantité $\pi D^2 \operatorname{tang}^2 10'$ nous obtiendrons la *densité moyenne d'éclairement* de ce cercle ; en divisant $k\,K(\Sigma APM_2 - \Sigma APM_1)$ par l'aire du premier anneau (à partir du centre), c'est-à-dire par $\pi p_2^2 - \pi p_1^2$ ou par $\pi D^2 (\operatorname{tang}^2 20' - \operatorname{tang}^2 10')$ nous trouvons la densité moyenne d'éclairement *de cet anneau*, etc.

Pour le cercle qui limite tout l'espace éclairé sur l'écran M=1, évidemment, pour toutes les zones (du réflecteur).

Il faut donc tout d'abord savoir trouver les quantités M_1, M_2, M_3,... pour les zones élémentaires $[10° - \delta 9 - (10° + \delta)]$; $(20° - \delta) - (20° + \delta)$, etc., etc.

Pour les trouver nous ferons ceci : Nous examinerons d'abord l'effet d'un *élément quelconque de la surface d'une zone élémentaire donnée*, par exemple, de l'élément formé par l'intersection de notre zone élémentaire avec deux plans passant par l'axe et formant avec le plan de la figure (v. fig. 12) deux angles infiniment petits, égaux et à signes contraires. Le centre de notre élément se trouvera dans le plan de la figure ; appelons-le *o*.

Tous les rayons envoyés par le cratère sur le point *o* sont embrassés par la surface d'un cône oblique ayant comme sommet le point *o* et pour base la circonférence du cratère, dont le centre est, par hypothèse, au foyer F du réflecteur (1).

Réfléchis par le point *o*, ces rayons forment un faisceau divergent. Ce faisceau peut être trouvé de la façon suivante : Construisons l'image de la circonférence du cratère dans un plan tangent au paraboloïde (au réflecteur) au point *o*, c'est-à-dire, considérons ce plan tangent comme *un miroir plan* et construisons l'image de la circonférence du cratère produite par ce « miroir » plan. Cette image, comme on sait, sera une circonférence de même diamètre, elle se projettera sur le plan de la figure suivant la ligne $c'd'$.

Puis, par tous les points de cette image, menons des droites au point *o* et prolongeons-les indéfiniment.

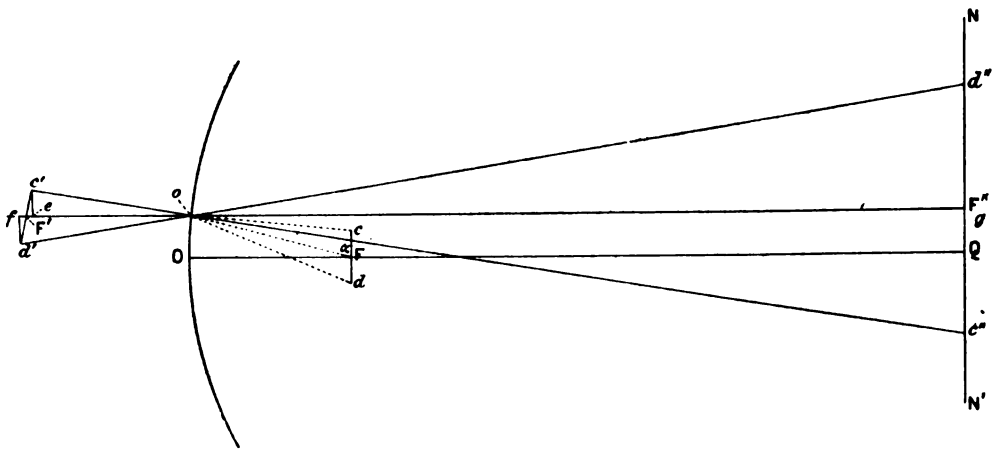


Fig. 12.

La surface ainsi formée sera la surface enveloppe du faisceau en question.

Cette surface sera celle d'un *cône oblique* ayant pour base ladite image de la circonférence du cratère, et comme sommet le point *o*. L'axe de ce cône, c'est-à-dire la droite passant par le sommet *o* et par le centre de la base,

(1) Dans les projecteurs, on ne fait usage que de courants continus, et on n'y tient compte que de la lumière émanant du cratère, attendu que la quantité de lumière produite par les parties incandescentes des charbons, en dehors du cratère, est insignifiante et n'a aucune influence sur l'éclairement à grande distance au moyen de projecteurs.

Digitized by Google

sera parallèle à l'axe du paraboloïde (1).

La section de notre cône oblique par le plan de l'écran, — lequel est, par hypothèse, perpendiculaire à l'axe du paraboloïde, et, par conséquent, à l'axe du cône, -- cette section sera elliptique, et le cône oblique étant complétement déterminé, cette ellipse le sera également.

De même, un autre élément, appartenant à la même zone élémentaire, et ayant son centre non pas dans le plan de la figure, mais dans un autre plan méridien, nous donnera une autre ellipse de mêmes dimensions que la première (2), mais disposée d'une façon différente. Précisément, pour la trouver, nous devrons faire décrire à la première ellipse autour de l'axe du paraboloïde un angle égal à celui que font entre eux les deux plans méridiens. Il va sans dire que, pendant cette rotation, le plan de la première ellipse restera toujours perpendiculaire à l'axe, et coïncidera, par conséquent, avec le plan de l'écran.

C'est de la même façon que nous obtiendrons les ellipses des autres éléments de la zone élémentaire donnée.

D'une façon générale, les centres de toutes ces ellipses ne coïncident pas, mais étant donné la distance insignifiante entre les centres par rapport aux dimensions de l'image sur l'écran, placés à ces distances considérables auxquelles nous avons affaire en pratique, on peut regarder ces centres comme coïncidant entre eux au point où l'axe du réflecteur traverse l'écran (voir plus loin).

L'ensemble de toutes ces ellipses, dont le nombre est, pour ainsi dire, infini, — deux ellipses adjacentes se confondant presque complètement, — cet ensemble forme sur l'écran un cercle, recevant sa lumière de la zone élémentaire donnée.

Traçons sur l'écran quelques circonférences concentriques, ayant pour centre le point dont nous venons de parler, et désignons leurs rayons par ordre de grandeur, allant du plus petit au plus grand, par p_1, p_2, p_3... (1).

Une certaine partie d'une de nos ellipses quelconque se trouvera dans le cercle de rayon p_1, une autre partie de cette ellipse se trouvera dans l'anneau compris entre les circonférences des rayons p_1, et p^2 (**) ; une autre se trouvera dans l'anneau compris entre les circonférences p_2 et p^c, et ainsi de suite.

Dans le cercle de rayon p_2 et dans les anneaux susdits se trouveront également les parties identiques des autres ellipses, formées par les éléments de la même zone élémentaire, parce que, nous le répétons, tout est symétrique autour de l'axe de la paraboloïde.

De sorte que, si nous posons que toute ellipse donnée soit éclairée sur toute la surface d'une manière absolument uniforme (3), les

(1) Parce que le centre de la base de notre cône est l'*image* du centre de la circonférence du cratère, c'est-à-dire l'image du foyer, dans le plan tangent à la paraboloïde au point *o*. Or, on démontre en géométrie analytique que, si l'on fait passer une droite par deux points semblables (c'est à-dire par un point quelconque du paraboloïde et par l'image du foyer dans un miroir plan tangent au paraboloïde en ce point), cette droite sera parallèle à l'axe du paraboloïde.

(2) Attendu que tous les plans méridiens sont *équivalents*.

(1) Conformément à ce qui a été dit plus haut, nous posons p_1 = D tang 10' ; p_2 = D tang 20' ; p_3 = D. tang 30', etc.

(2) Il peut arriver qu'une partie de l'ellipse donnée, située dans l'anneau compris entre les circonférences des rayons p_1 et p_2, ou dans l'anneau entre les circonférences p_2 et p_3, etc, il peut arriver, disons-nous, que cette partie soit parfois « double », si l'on peut s'exprimer ainsi : précisément, lorsque le rayon de la plus petite de ces deux circonférences est plus grand que le petit axe de l'ellipse et moindre que son grand axe ; dans ce cas, évidemment, une partie de chaque moitié de l'ellipse, en la supposant divisée en demi par son petit axe, — se trouvera dans cet anneau, seulement ces deux parties ne seront pas adjacentes, elles ne *se toucheront pas*.

(3) Ceci, évidemment, n'est qu'une hypothèse, à laquelle on pourrait objecter que les différentes parties de l'ellipse éclairée, formée sur l'écran par l'élément *o*. p. α, doivent leur origine aux différentes parties du cratère (les parties inférieures de l'ellipse — aux parties supérieures du cratère et vice-versa), lesquelles parties du cratère envoient au point o les

Digitized by Google

quantités de la lumière que l'écran reçoit d'un certain élément de la zone élémentaire donnée, en dedans de la circonférence de rayon p_1, dans l'anneau compris entre les circonférences des rayons p_1, p_2, etc., — *ces quantités sont entre elles comme les aires des parties de l'ellipse éclairée par cet élément, situées en dedans de cette circonférence de rayon p_1 et dans ses anneaux.*

Or, ceci s'applique également à l'ellipse formée par un autre élément quelconque de la même zone élémentaire, de sorte que toute la quantité de lumière reçue par l'écran d'une zone élémentaire donnée se répartit sur le cercle ci-dessus et sur les anneaux concentriques *proportionnellement aux aires des parties de l'ellipse formée par un seul élément quelconque de cette zone élémentaire.*

Donc, conformément à ce que nous avons admis plus haut nous déduisons la règle suivante :

La quantité de lumière que l'écran reçoit de toute la zone donnée, se répartit sur le cercle et les anneaux concentriques en question proportionnellement aux aires des parties de l'ellipse formée par un élément quelconque de la zone élémentaire médiane.

Si nous désignons par M_1 la partie de l'aire de l'ellipse située dans le cercle de rayon p_1, par M_2 (1), sa partie située dans le cercle de rayon p_2, et ainsi de suite, alors dans le premier anneau de dedans se trouvera la partie (M. — M.); dans le second (M_2 — M_3), etc.

Calculons maintenant les dimensions de l'ellipse formée sur l'écran par un élément de la surface du réflecteur (« par un élément d'une zone élémentaire », comme nous disions jusqu'ici), ayant son centre au point donné o (voir fig. 12).

En construisant cette ellipse, nous ferons observer les faits suivants.

L'image de celui des diamètres de la circonférence du cratère qui est situé dans le plan de la figure (plan, contenant également le point o), c'est-à-dire l'image du diamètre *vertical*, qui se forme dans le miroir plan tangent à la paraboloïde au point o, se trouvera dans le plan même de la figure, attendu que tout est parfaitement symétrique par rapport à ce plan.

Soit $\overline{c\ d}$ (1) ce diamètre vertical, et $\overline{c'\ d'}$ son image dans le miroir plan; par ces points c' et d' menons deux droites au point o; en prolongeant ces droites jusqu'à leur intersection avec l'écran, nous obtiendrons sur ces derniers deux points appartenant à l'ellipse susdite et situés dans le plan de la figure. Tout étant symétrique par rapport à ce plan, la droite qui joint ces deux points de l'ellipse sera sûrement un de ses axes. Ce sera, précisément, le petit axe de l'ellipse — comme on pourrait le démontrer au moyen des théorèmes de la géométrie analytique.

Désignons par c'' et d'' ces deux points sur l'écran (c'' correspondant à c', c'est-à-dire qu'il est le point où le prolongement de la droite $c'o$ traverse l'écran; et d'' correspondant de la même façon à d') — voir la figure 12 où la droite NN' représente l'intersection de l'écran avec le plan de la figure. En prolongeant la droite F'o (où F' est l'image du point F — cen-

rayons lumineux sous des « angles d'émission » différents, angles ayant une influence considérable sur l'intensité de l'éclairement. Mais pour justifier notre hypothèse on peut faire observer, qu'avec l'ellipse formée par l'élément o coïncide (approximativement) l'ellipse formée par l'élément symétrique à o par rapport à l'axe, et qu'en même temps comme on peut s'en convaincre facilement, les parties de l'autre ellipse, qui doivent leur origine aux rayons émanent sous un angle d'émission plus grand, se superposeront aux parties de la première ellipse, qui proviennent des rayons émanant sous un angle d'émission moindre, et vice-versa.

(1) Nous nous servons des mêmes lettres M_1, M_2, qu'auparavant bien qu'elles désignent ici les *parties de l'aire*, de l'ellipse en question, qu'avant elles représentaient les *parties de la quantité de lumière*... Mais nous le faisons exprès parce que les parties de la quantité de lumière que reçoivent nos différents cercles — comme on le voit d'après ce que nous avons exposé — s'expriment justement par les mêmes nombres, qui représentent les parties de l'aire de cette ellipse.

(1) Le trait au-dessus signifie, comme d'habitude, que cd ne représente pas le produit de quantités quelconques c et d, mais le segment d'une ligne situé entre les points c et d.

Digitized by Google

tre de la circonférence du cratère, c'est-à-dire l'image du foyer) — l'axe de notre cône oblique — nous verrons qu'elle coupe l'écran au point F'', lequel point, d'une manière générale, ne divise pas en deux la droite $\overline{c''\ d''}$.

Nous pouvons trouver encore deux autres points de l'ellipse en nous guidant sur ce qui suit : l'image de ce diamètre de la circonférence du cratère, qui est perpendiculaire au plan de la coupe (c'est-à-dire celle du diamètre horizontal) sera également perpendiculaire à ce plan et elle passera évidemment par le point F', *image du centre de la circonférence du cratère.*

Cela se démontre par les théorèmes de la géométrie analytique et de l'optique géométrique sur lesquels nous ne nous arrêterons pas.

Ainsi donc, pour construire l'image de ce diamètre, nous devons mener par le point F' une droite perpendiculaire au plan de la figure et prendre sur celle-ci dans les deux sens les longueurs du rayon de la circonférence du cratère. Joignons les deux points ainsi obtenus par des droites au point *o* et prolongeons-les jusqu'à leur intersection avec l'écran ; de cette façon nous obtiendrons encore deux points de notre ellipse, deux points symétriques par rapport à son petit axe déjà trouvé. De sorte que nous aurons : un des axes de notre ellipse, son centre, que nous trouverons en divisant son axe en deux, et *encore* deux points ; par conséquent notre ellipse sera complètement déterminée, en supposant la distance D connue.

Calculons les dimensions de cette ellipse nous désignerons partout la longueur du rayon du cratère par l ; en admettant que nous ayons affaire avec l'intensité de courant la plus employée dans les projecteurs (90-100 ampères), l = approximativement 8 millimètres.

Nous désignerons par F le foyer ; par r, la distance oF du point donné o au foyer ; par v, l'angle compris entre FO et l'axe — pour lequel axe, nous le répétons (voir plus haut), nous prenons comme direction *positive* celle *du du foyer vers le sommet;* l'angle formé par Fo et le diamètre vertical (en considérant pour ce diamètre comme positive la direction de bas en haut), sera donc égal à 90°—v. Par conséquent, l'angle c'F'o étant égal à cFo sera également de 90°—v. Nous désignerons cet angle par α. Puis, la distance oF'= oF, c'est-à-dire égal à l (8 mm.). Nous pouvons donc trouver l'angle $c'o$F', et par conséquent, l'angle $c''o$F'' qui lui est égal ; en connaissant l'angle $c''o$F'' nous trouvons la longueur F''c'', parce qu'elle est égale à D tang $c''o$F''.

De même, dans le triangle d'F'o nous connaissons d'F' (= c'F' = l), le côté oF' (= r, voir plus haut), et l'angle d'F'o = (180° — c'F'o) : donc, aussi dans ce triangle l'angle F'od, et ensuite nous trouverons également F''d'', lequel = D tang $d''o$F'' et par suite = D tang $d'o$F'.

Pour trouver l'angle $c'o$F qui nous intéresse, nous procéderons ainsi : de c' abaissons une perpendiculaire sur oF, soit le point e son pied ; alors la tangente de l'angle $c'o$F que nous cherchons, sera = $\frac{c'e}{oe}$; or $c'e$ = c'F' sin c'F'o, c'est-à-dire = l sin α ; oe = oF' — F'e, où oF' = r (voir plus haut), et F'e = c'F' cos F'o, c'est-à-dire = l cos α, donc, oe = r — l cos α et

$$\text{tang } e'oF' = \frac{l \sin \alpha}{r - l \cos \alpha}.$$

De même, du point d' abaissons une perpendiculaire sur le prolongement de oF' et, désignant son pied par f, nous trouvons :

$$\text{tang } d'oF' = \frac{\overline{d'f}}{of},$$

mais $d'f$ = d'F' sin d'F'f, c'est-à-dire = l sin α ; of = o F' + F'f, où oF' = r, F''f = l cos α ; par conséquent,

$$\text{taug } d'oE' = \frac{l \sin \alpha}{l + \cos \alpha r}.$$

Ainsi donc, puisque F''c'' = D tang $c''o$F' = D tang $c'oF'$, et F''d'' = D tang $d''o$F'' = D tang $d'o$F', nous aurons :

Digitized by Google

$$\overline{F''c''} = D\,\frac{l\sin\alpha}{r - l\cos\alpha};\ \text{et}$$

$$\overline{F''d''} = D\,\frac{l\sin\alpha}{r + l\cos\alpha};$$

d'ou en additionnant ces deux termes, nous trouvons que $\overline{c''F''} + \overline{F''d''}$, c'eat à dire :

$$c''d'' = D\,\frac{2rl\sin\alpha}{r^2 - l^2\cos\alpha}.$$

Comme nous l'avons dit plus haut, *ceci représente la longueur du petit axe* de l'élipse qui nous intéresse.

Rappelons maintenant comment nous avons procédé pour trouber deux autres points de l'ellipse : nous avons mené par le point F' une droite perpendiculaire au plan de la figure, nous avons pris sur cette droite dans les deux sens, deux longueurs égales au rayon de la circonférence du cratère, c'est-à-dire égale à l, et les extrémités de ces lignes, nous les avons jointes à o ; ensuite, nous avons prolongé les droites ainsi formées jusqu'à leur intersection avec l'écran ; on peut voir facilement que dans ce cas la distance d'un de ces points à F' est à la distance $\overline{oF''}$, c'est-à-dire à D, comme l est à $\overline{oF'}$, c'est-à-dire que cette distance $= D\,\frac{}{r}$ (car $\overline{oF} = r$), et par consé quent, la distance entre ces deux points sera $= 2\,D\,\frac{l}{r}$.

(*A suivre*). W. Tchikoleff et W. Turin.

EXTRAITS DE LA PRESSE INDUSTRIELLE

COMMUNICATIONS

Solution graphique de quelques problèmes pratiques relatifs aux dynamos à courant continu, par J. Fischer-Hinnen (1).

Les méthodes graphiques ont été peu appliquées jusqu'à présent au calcul des dynamos à courant continu, ce qui surprend d'autant plus qu'il est impossible, en l'état actuel, d'effectuer le calcul de tous les éléments d'une machine, sans avoir recours, au moins en partie, à des procédés graphiques.

On peut en trouver la raison dans ce fait que les avantages des procédés graphiques sont encore trop peu appréciés. Il semble que cette méthode ait été appliquée pour la première fois sous une forme pratique par M. Picou dans son ouvrage sur les machines dynamo-électriques.

Dans ce qui suit, on traitera plusieurs problèmes parmi les plus importants sur les machines dynamo pour montrer combien la solution en est aisée par la voie graphique.

I. Construction de la caractéristique

Il suffit, en général, de connaître deux ou trois points de la caractéristique, que l'on détermine à l'aide des courbes d'Hopkinson. Mais il est souvent important de posséder un plus grand nombre de points, auquel cas le calcul se complique. S'il ne s'agit pas d'obtenir une très grande exactitude, on aura alors recours à la méthode graphique.

La formule d'Hopkinson s'écrit :

$$N\,I = L_e\,f(B_e) + L_i\,f(B_i) + L_a\,f(B_a) \quad (1)$$

en désignant par B_e, B_i et B_a respectivement l'induction magnétique dans les électros, dans l'induit et dans l'air ou l'entrefer, par L_e, L_i et et L_a les longueurs respectives des lignes de force ou des circuits magnétiques et par N I le nombre total d'ampères-tours.

Les valeurs de $f(B_e)$, et de $f(B_i)$ doivent être empruntées aux courbes d'alimentation bien connues ; pour $f(B_a)$ on a la formule

$$f(B^a) = 0{,}8\,B_a\,k,$$

k = coefficient de dispersion = environ 0,8 à 0,9. C'est l'équation d'une droite.

Le nombre total d'ampères-tours se compose donc des abscisses de deux courbes et d'une droite ; mais les valeurs de la courbe $f(B_i)$ sont négligeables devant celles des deux autres, ou on peut tout au moins admettre qu'entre les limites pratiques $f(B_i)$ est proportionnel B_i.

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, juillet 1894.

Digitized by Google

La marche de la détermination graphique est celle-ci : On se sert des courbes établies par Hopkinson pour le fer forgé ou la fonte, selon le cas, dans lesquelles les ordonnées représentent l'induction magnétique, et les abscisses le nombre correspondant d'ampères-tours par unité de longueur des lignes de force (intensité de champ). Si donc on multiplie les abscisses par L_e, on obtient le nombre total d'ampères-tours nécessaires dans les électros pour vaincre la résistance magnétique. Le procédé le plus simple consiste à donner à l'axe des abscisses une nouvelle échelle dans laquelle chaque division représente une valeur L_e fois plus grande que l'ancienne.

Les ampères-tours relatifs à la résistance de l'entrefer et à celle de l'induit peuvent être considérés comme approximativement proportionnels à l'induction.

Comme les courbes d'aimantation ont pour base l'induction dans les électros inducteurs on calcule d'abord pour une valeur quelconque assez élevée de B_e les valeurs correspondantes de B_i et de B_a,

$$B_i = B_e \frac{q_e}{q_i}$$

$$B_a = B_e \frac{q_e}{q_a}$$

q_e = section des électros en cm^2.
q_i = » de l'induit »
q_a = » de l'entrefer »

Le nombre d'ampères-tours correspondant

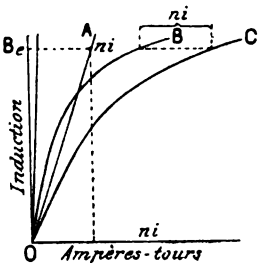


Fig. 1.

à cette partie du circuit magnétique est :

$$ni = L_i\, 0{,}0005 \frac{B_e\, q_e}{q_i} + L_a\, 0{,}8 \frac{B_e\, q_e}{q_a} k$$

ou

$$ni = B_e\, q_e \left(0\ 0005 \frac{L_i}{q_i} + 0{,}8 \frac{L_a}{q_a} k\right) \quad (2)$$

Le nombre trouvé est porté sur la courbe avec B_e comme ordonnée et ni comme abscisse (fig. 1) et le point ainsi déterminé est relié avec l'origine des coordonnées O par une droite. En ajoutant au compas les abscisses des droites OA à celles de la courbe d'aimantation OB, on obtient la caractéristique cherchée OC.

Il faut noter que la dispersion des lignes de force n'a pas été prise en considération jusqu'ici. Pour en tenir compte, il faut prendre pour la courbe d'aimantation une échelle d'ordonnées ε (coefficient de dispersion) fois plus grande. Le degré de saturation obtenu pour un nombre donné d'ampères-tours, est alors un peu moins élevé. Les ampères-tours déterminés pour l'entrefer et pour l'induit doivent naturellement être rapportés à ces nouvelles ordonnées.

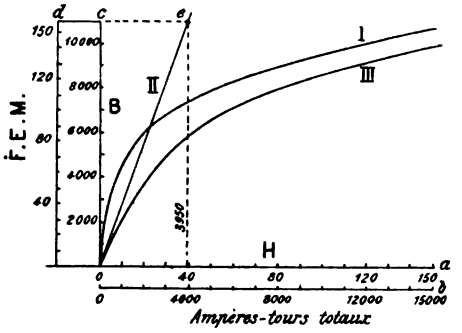


Fig. 2.

Si l'on se propose de trouver la courbe caractéristique entre les ampères-tours et la force électromotrice, il faut opérer finalement une nouvelle transformation d'ordonnées. On peut donc s'éviter ce travail en multipliant par ε le nombre obtenu par l'équation (2) et en prenant ensuite pour la courbe résultante une échelle d'ordonnées ε fois plus grande, c'est-à-dire en divisant toutes les ordonnées par ε.

Exemple : On se propose de déterminer la caractéristique d'une dynamo bipolaire de 100 ampères et 120 volts à 1470 tours, avec électro en fonte de section uniforme.

Les dimensions de la machine sont les suivantes :

Digitized by Google

$L_e = 100$; $q_e = 390$
$L_i = 37$; $q_i = 220$
$L_a = 0{,}6$; $q_a = 631$

Nombre de fils sur l'induit = 180.

Coefficient de dispersion $\varepsilon = 1{,}2$; $k = 0{,}9$.

Nous nous servons de la courbe d'aimantation pour la fonte représentée par la figure 2, en multipliant toutes les abscisses par $L_e = 100$.

Nous obtenons ainsi la nouvelle échelle d'abscisses désignée par b, dans laquelle les abcisses représentent le nombre total d'ampères-tours nécessaires pour vaincre la résistance des inducteurs. Pour tenir compte de la dispersion, nous diviserons plus loin toutes les ordonnées par ε.

Pour la détermination des ampères-tours servant à composer la résistance de l'entrefer et celle de l'induit, on peut employer l'équation (2), en prenant pour B_e une valeur aussi élevée que possible, par exemple 11000.

$$ni = 11000 \times 390 \left(0{,}0005 \frac{37}{220} + 0{,}8 \frac{0{,}6}{631}\ 0{,}9\right) = 3290$$

Ce nombre est à multiplier par ε :

$$1{,}2 \times 3290 = 3950$$

On relie maintenant le point e ayant les coordonnces 3950 et 11000 au point O et on ajoute au compas les abscisses de la droite eO aux abscisses correspondantes de la courbe I ; on obtient ainsi la courbe III, qui n'est autre que la caractéristique après que l'échelle des ordonnées a été divisée en volts pour la lecture directe.

Pour passer d'une ordonnée de la première échelle à la valeur de la tension, il faut multiplier par

$$\frac{1}{\varepsilon} \quad \frac{1470 \times 180 \times 390}{60 \times 10^8} = 0{,}0143$$

ce qui a été effectué pour l'échelle D de la figure 2, dans laquelle il est tenu compte de la dispersion.

La méthode précédente pour la détermination approximative de la caractéristique ne peut être employée naturellement que lorsque les électros sont entièrement en fonte ou en fer forgé et présente la même section le long du circuit magnétique entier.

II. Détermination de la chute de potentiel dans une machine shunt

M Picou indique dans son *Traité des machines dynamo-électriques*, une méthode très élégante. La figure 3 représente la caractéris-

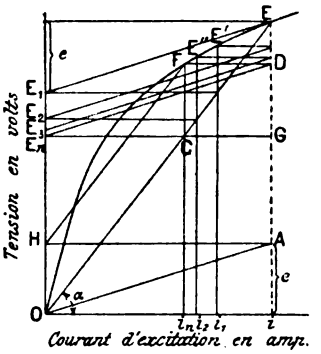


Fig. 3.

tique d'une machine shunt rapportée à l'intensité du courant d'excitation et à la force électromotrice ; soit E la tension donnant l'excitation de la machine lorsque l'induit ne débite pas de courant dans le circuit extérieur.

$\frac{E}{i}$ tg $d = r$ (résistance des électros)

En reliant E à O, on peut trouver le courant d'excitation pour une tension quelconque aux balais, en cherchant l'abscisse correspondant à cette tension.

On veut examiner quelle diminution subit la valeur de E pour un certain courant I dans l'induit, dont la résistance est R. A cet effet, on fait $e = I R + a$. On désigne par a la chute de potentiel due à la réaction d'induit et qu'on ne peut qu'évaluer approximativement ; une petite erreur faite dans cette évaluation ne peut d'ailleurs avoir que peu d'influence sur le résultat final. Si l'on ne dispose pas d'autres indications, on peut admettre $a = \frac{R}{2}$ environ.

Relions ensuite le point A avec O et menons la droite EE_1 parallèle à OA.

E_1 correspont au point où est ramenée la tension initiale E, par suite de la chute de potentiel dans l'induit. Mais un phénomène secondaire intervient ; en effet, le courant d'excitation uarie en même temps. Au lieu de

Digitized by Google

i, il n'est plus que de $\frac{E_1}{r} = i_1$. On trouve cette valeur en menant une parallèle à E_1 jusqu'à l'intersection avec la droite O E, et en

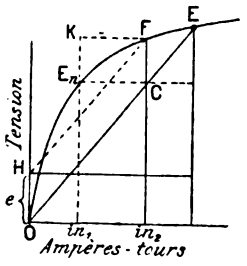


Fig. 4.

abaissant de ce point une perpendiculaire.

Mais la nouvelle intensité de courant i_1 produit une tension E', ou si l'on en déduit e comme plus haut, on obtient comme deuxième approximation la tension E_2.

En continuant de la sorte, on arrive finalement à la figure fermée E_nDFC et l'on voit aisément que

$$FC = DG = e$$

Mais ce résultat nous conduit immédiatement à une solution beaucoup plus simple du problème. En effet, en menant FH parallèle à OE, on a HO = e.

Il suffit donc, comme on l'a fait figure 4, de faire OH = e, de mener par le point H une parallèle à EO et d'abaisser du point d'intersection avec la caractéristique une perpendiculaire sur l'axe des abscisses. C'est alors la tension cherchée de la machine, et $i\,n_1$ l'excitation correspondante des électros.

La courbe montre aussi que la chute de potentiel est d'autant plus grande que le degré de saturation de la machine est plus bas.

III. Détermination d'un enroulement compound

La solution de ce problème est très simple. Soit figure 5 la caractéristique de la machine rapportée à l'excitation et à la force électromotrice.

E doit représenter la différence de potentiel aux balais, que l'on veut maintenir constante.

L'abscisse de ce point in détermine le nombre d'ampères-tours nécessaire dans la marche à vide, c'est-à-dire l'excitation shunt. Dans ce cas, E ne représente pas seulement la différence de potentiel aux bornes, mais encore la force électro-motrice.

e étant la chute de potentiel dans l'armature augmentée de celle due à la réaction d'induit, il faut, pour avoir E constant, que la machine produise une force électromotrice

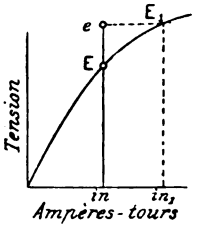


Fig. 5.

interne E_1 plus élevée que E de cette quantité e.

Or, d'après la figure 5, le nombre d'ampères-tours nécessaire à cet effet est in_1 ; il en résulte pour les ampères-tours de l'enroulement compound $in_1 - in$.

A. H.

(A suivre).

Circuits de retour isolés et retour par la masse à bord des navires en fer par M. Leroy

Depuis que les applications de l'électricité à la traction mécanique se sont généralisées, il n'est question dans la presse technique que des méfaits dus au passage par la terre des courants de retour des tramways et chemins de fer électriques. Au lieu de suivre sagement à travers champs un chemin où leurs effets bienfaisants se feraient sentir par une croissance plus rapide des végétaux, ces courants capricieux préfèrent, faisant l'école buissonnière, sauter d'une canalisation d'eau à un tuyau de gaz. ils ont l'indiscrétion de

Digitized by Google

s'introduire chez les abonnés des compagnies de téléphones qui n'ont point eu la précaution d'isoler leurs circuits; on dit même (mais ce sont des savants qui le prétendent) qu'ils ne respectent pas les appareile scientifiques ultra-sensibles et précis installés dans les observatoires.

Pour tous ces crimes, les courants de retour par la terre méritent d'être sévèrement punis, d'autant plus justement qu'ils ont le tort grave de détériorer tout ce qui se rencontre sur leur passage. Nous les abandonnons donc à leur malheureux sort sous les coups des arrêts rendus par le *Board of Trade* en Angleterre et des divers décrets qui dans chaque pays pleuvent sur eux, ce qui n'est d'ailleurs pas fait pour favoriser le développement de la traction électrique.

Mais il existe dans cette intéressante famille des courants de retour un frère cadet qu'on a voulu englober dans la même réprobation et qui ne nous semble pas mériter cette sévérité; nous voulons parler des courants de retour des circuits électriques à bord des navires en fer.

Dans la construction actuelle des navires, la tôle de fer ou d'acier entre pour la presque totalité des matériaux employés; le rivetage et le mattage des tôles l'une contre l'autre forment de la coque entière d'un bâtiment un ensemble dont la conductibilité électrique est considérable eu égard surtout à l'intensité relativement faible des courants en jeu. Pour faire l'installation des circuits d'éclairage à bord d'un navire en fer, on peut donc de prime abord profiter de la masse conductrice pour servir de retour commun En France (pour ne ne parler que de ce qui se fait chez nous) nous ne connaissons pas de navire de l'Etat sur lequel on ait employé le retour par la masse; dans certaines grandes Compagnies, et sur les paquebots de la Compagnie des Messageries maritimes en particulier, on a employé le retour par la coque.

Cette dernière manière de faire présente, à notre avis, des avantages si considérables d'économie et de simplicité qu'elle nous semble la seule pratique; les circuits conduisant de la dynamo aux lampes sont soigneusement isolés, les sorties de chaque lampe ainsi que le second pôle de la dynamo sont en relation avec la coque par un contact de conductibilité suffisante. Des coupe-circuit bien calculés étant placés à l'origine de chaque branchement, les accidents amenant des contacts fortuits entre le câble isolé et la coque auront simplement pour résultat de faire fondre le plomb du branchement correspondant et l'avarie se trouvera localisée; il est à remarquer, d'ailleurs, que l'économie de moitié réalisée dans la pose des câbles permettra de choisir le câble unique d'isolement et de qualité supérieure, rendant ainsi moins fréquents les accidents. En pratique, les seuls circuits qui se trouvent dans de plus mauvaises conditions à bord qu'à terre sont ceux qui traversent les fonds des navires, toujours humides par la condensation qui se produit sur la muraille intérieure ou par les écoulements d'eau de mer provenant du lavage des ponts ou des embruns; les circuits alimentant les feux de route ou les lampes du pont sont également exposés à recevoir de l'eau de mer.

Que les circuits soient doubles ou simples, nous croyons qu'à ce point de vue les effets de l'eau sont également désastreux; l'électrolyse lente, la formation de sel sur le conducteur et la destruction des isolants se produiront inévitablement; la seule ressource dont on dispose est la qualité et l'épaisseur de la couche isolante. Comme il est plus économique d'avoir un seul conducteur d'isolement supérieur que deux, nous croyons que là encore l'avantage du circuit double est illusoire.

On a voulu attribuer aux circuits d'éclairage avec un seul fil une action déviatrice sur le compas de route, lequel est en général éclairé lui-même par une lampe placée sous sa cuvette transparente. Cette action est absolument nulle, à moins que, par une négligence impardonnable, on ne fasse passer un circuit de grosse intensité tout à côté. Les masses de fer qui forcément et malheureusement entourent d'assez près la boussole, lui font un écran ma-

Digitized by Google

gnétique qui la protège des effets des courants. Il serait d'ailleurs possible de fausser les indications du compas avec un circuit à deux fils, si ceux-ci. comme c'est souvent le cas, ne sont pas côte à côte.

Lorsque les circuits desservent, non plus des lampes à incandescence, comme nous l'avons jusqu'ici impliciplement supposé, mais des projecteurs puissants, comme ceux des navires de guerre, nous ne sommes pas du même avis.

En effet, d'une part, les courants traversant ces conducteurs sont puissants, 70 et 90 ampères par foyer ; d'autre part, la position des projecteurs en dehors les expose à être souvent mouillés par l'eau salée ; les câbles qui leur amènent le courant devant leur permettre un déplacement dans tous les sens, sont des câbles souples et, par suite, assez mal isolés ; enfin l'isolement de la lampe du corps du projecteur est parfois mal assuré. Pour ces raisons, les circuits de projecteurs à bord doivent, au contraire, être soigneusement individualisés pour qu'une avarie dans l'un d'eux n'entraîne pas un arrêt du fonctionnement des autres. M. Leblond va même jusqu'à préconiser une dynamo par projecteur.

Enfin, les circuits d'éclairage à bord des navires de guerre étant exposés à être mis, en temps de combat, en contact avec la coque par un projectile, on diminue les chances d'arrêt total en isolant les circuits. La question d'économie disparaît devant celle de la sécurité. Sur les paquebots, au contraire, le côté économique a une plus grande importance ; les questions de sécurité ne sont plus les mêmes, la surveillance et les réparations, confiées à un personnel peu nombreux, sont plus faciles ; aussi, malgré la campagne menée dernièrement dans la presse anglaise contre les circuits avec retour par la coque, en sommes-nous les fermes partisans pour les navires en fer.

Transmission électrique de l'énergie par courants diphasés.

Un des plus intéressants exemples de transmission de la force motrice par l'électricité dans les mines vient d'être réalisé aux houillères de Decize, situées dans le département de la Nièvre et appartenant à MM. Schneider et Cie. Cette installation est remarquable par le fait qu'on y applique les courants alternatifs diphasés.

Il s'agissait d'établir une station centrale génératrice dont la force motrice devait être distribuée aux différents puits pour y actionner des ventilateurs, des élévateurs, des pompes et pour produire l'éclairage. On a installé à l'ouest de la station génératrice : au puits des Chagnats, distance 4650 mètres, un moteur électrique de 30 chevaux ; à la Fendue des Lacets, 3160 mètres, un moteur de 30 chevaux ; au Puits des Coupes, 1880 mètres un moteur de 30 chevaux ; ces trois moteurs actionnent des ventilateurs ; au Puits des Zagots, 1000 mètres, un treuil électrique de 15 chevaux. A l'est de la station on trouve : à la Fendue des Marizy, distance 1200 mètres, un moteur électrique de 30 chevaux et 24 lampes à arc ; au Pré-Charpin, 2280 mètres, 500 lampes à incandescence de 16 bougies ; au Champvert, 3000 mètres, un moteur de 12 chevaux.

La station génératrice comporte une batterie de six chaudières et deux dynamos à vapeur de 100 kilowatts chacune ; une troisième unité sera ajoutée sous peu. Les deux unités installées peuvent travailler séparément ou en parallèle. Les moteurs sont du type horizontal, sans condenseur, tournant à 200 tours par minute et actionnant les alternateurs diphasés par courroies. Chaque unité électrique est formée de deux alternateurs jumellés, calés sur le même arbre qu'attaque, au milieu, la machine à vapeur.

Les génératrices électriques sont des alternateurs Zipernowsky à dix pôles, inducteurs tournants. Les dix électros avec inducteurs sont reliés en série. Ils reçoivent par l'intermédiaire de deux bagues montées sur l'arbre le courant d'excitation d'un dynamo fournissant, à 900 tours par minute, 25 à 30 ampères sous 110 volts. L'armature fixe des alternateurs comporte également dix bobines qu'il

Digitized by Google

est facile d'enlever et de remplacer isolément.

La distribution du courant aux points d'utilisation se fait principalement par fils aérien. Une partie seulement de la plus longue ligne est conduite en souterrain. Les fils des lignes aériennes sont en bronze-siliceux ; ils sont supportés par des isolateurs fixés sur des poteaux de 8 mètres de hauteur. Le diamètre du fil de la ligne principal est de 6 mm. ; par tout ailleurs il est de 4 mm.

Il faut noter que les poteaux supportant les lignes de transmission servent aussi pour des fils téléphoniques suspendus à 4 mètres au-dessus du sol. Pour combattre les effets d'induction, les conducteurs sont croisés tous les 500 mètres environ. La ligne souterraine est constituée par un câble sous plomb. Des parafoudres sont installés à la station génératrice, aux centres de distribution et le long de la ligne.

Les électromoteurs utilisant le courant pour les différents usages indiqués plus haut sont du même type que les génératrices. On les met facilement en marche, et ils peuvent être laissés sans surveillance aucune pendant plusieurs heures. Toutes les six ou huit heures seulement un employé les visite pour s'assurer du leur bonne marche.

La facilité avec laquelle fonctionnent toutes les parties de ce système de transmission de force motrice est remarquable, comparée aux ennuis que procure l'établissement d'une chaudière à vapeur à chacun des points où doit être employée la force motrice ; sans compter l'économie réalisée en supprimant le transport du combustible.

A. H.

Actions destructrices des courants électriques sur les conduites métalliques souterraines

Des effets d'actions de ce genre ont été observés assez fréquemment depuis quelque temps, dans les villes sillonnées de canalisations électriques nombreuses, principalement dans plusieurs villes des Etats-Unis.

Dès 1891, on avait remarqué, à Boston, des arqucorsrosionves sur des câbles téléphoniques couverts de plomb et placés dans des caniveaux en bois. On attribua d'abord ces effets à l'acide acétique qui se forme dans le bois des caniveaux, et dont on avait, en effet, reconnu la présence sur d'autres conduites de la ville. Mais, dans le cas des câbles téléphoniques, la corrosion se manifestait par endroits isolés, et elle était si profonde qu'on fut amené à en faire remonter la cause à l'action électrolytique de courants électriques pouvant être dérivés du circuit de terre d'un tramway électrique passant dans le voisinage. D'autres faits analogues avaient déjà été observés ailleurs.

Cette question a été élucidée récemment par de nombreuses expériences dont M. J.-H. Farnham a rendu compte dans les journaux américains. Des câbles sous plomb, exposés à l'influence de courants, ne tardaient pas à présenter des parties corrodées d'un aspect semblable à celui des câbles retirés des caniveaux.

Dans une première expérience, un tonneau dans le fond duquel on avait placé une plaque métallique fut rempli de terre, et deux morceaux de câbles sous plomb furent placés côte à côte, mais sans se toucher, sur la couche de terre. La plaque inférieure fut reliée au pôle négatif d'une batterie d'accumulateurs donnant 4 volts ; un des câbles fut mis en communication avec le pôle positif de la batterie, tandis que l'autre resta sans communication électrique. Ensuite, la terre fut saturée d'eau. On fit passer le courant pendant sept jours consécutifs.

Le câble relié à la batterie présenta au bout de ce temps de nombreux défauts dans son enveloppe de plomb, tandis que l'autre câble sans communication électrique directe était intact.

A la suite de cette expérience caractéristique, de nombreuses mesures de tensions et d'intensités de courant furent entreprises dans toutes les canalisations de la ville, qui firent reconnaître que dans un rayon de 600 mètres

Digitized by Google

environ autour de l'une des stations centrales d'un tramway électrique tous les câbles étaient négatifs par rapport à la terre, les tensions allant de zéro à 2 volts ; à l'extérieur de la ligne neutre des tensions positives, jusqu'à 12 volts, existaient entre les câbles et le sol. Plus loin, en approchant d'une autre station centrale, on retrouva une nouvelle ligne neutre au-delà de laquelle les câbles étaient de nouveau négatifs. Des conditions semblables existaient autour d'autres stations génératrices alimentant des lignes de tramways électriques. Pour avoir une base d'appréciation de la diversité des conditions électriques dans le sol de la ville, on dressa des cartes détaillées des différents quartiers, avec l'indication des tensions existant entre les câbles et la terre ; ces mesures de potentiels ont fourni la preuve que les courants de terre des tramways électriques doivent être considérés comme la cause des détériorations constatées.

La figure 1 permet de se rendre compte de

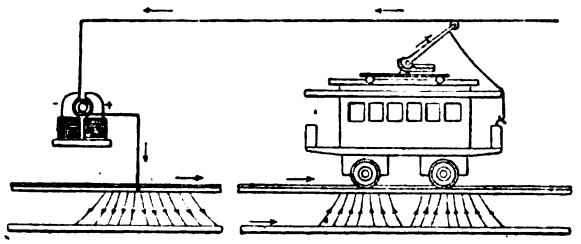


Fig. 1

ce mode d'action ; elle indique le passage du courant de la dynamo aux rails, et la dérivation du courant du rail aux câbles sous plomb à l'intérieur de la ligne neutre, et des câbles aux rails extérieurement à la ligne neutre. Le danger des actions électrolytiques ne se manifeste qu'aux endroits où le courant passe du câble ou du tuyau dans la terre humide.

Divers moyens ont été proposés pour éviter ces inconvénients. Plusieurs conférences entre représentants de compagnies de tramways et de compagnies téléphoniques eurent pour résultat de décider la compagnie du tramway électrique de Boston à supprimer radicalement les courants de terre, en évitant d'employer les rails comme circuit de retour.

Les propositions suivantes furent, en outre ; faites :

1. Tous les câbles doivent être retirés du sol humide ; mais il semble bien difficile d'éviter entièrement l'accès de l'humidité.

2. Dans les trous d'homme des canalisations, les câbles doivent être reliés à des plaques de terre pour reporter l'action électrolytique sur ces plaques et protéger ainsi les câbles. Ces moyens ont été appliqués d'une façon étendue; mais quoique de nombreuses plaques de terre de grande surface eussent été mise en communication avec les câbles dans une grande partie de la ville, les mesures montrèrent que les différences de potentiel entre les câbles et la terre avaient, à peu de distance des trous d'homme, des valeurs presque aussi élevées qu'avant l'emploi des plaques. Dans certains cas, la différence de potentiel avait bien baissé d'environ 25 o/o ; mais dans beaucoup d'autres cas, on ne constata pas de baisse de tension appréciable.

3. M. Elihu Thomson a proposé entre autres moyens, d'établir le long des lignes de tramways des transformateurs-moteurs qu'alimenterait le courant principal ; le courant secondaire fourni par ces moteurs servirait alors à neutraliser le potentiel des câbles ou des conduites. En même temps, des dispositifs automatiques opéreraient le démarrage et l'arrêt des moteurs. Ces appareils devraient, en quelque sorte, pomper le courant des câbles pour le faire pénétrer dans les rails. Cette proposition n'a pas été réalisée jusqu'ici, cet arrangement étant trop coûteux.

4. On a proposé aussi d'isoler les câbles et les conduites du sol. Mais comme dans quelques cas de corrosion les câbles étaient recouverts de plusieurs tresses fortement asphaltées, on doit reconnaître que l'isolement nécessaire est trop difficile à atteindre dans la pratique. La protection des conduites d'eau et de gaz par un isolement suffisant, n'est d'ailleurs pas pratique.

5. La proposition a été également faite d'interrompre par endroits la continuité métallique des enveloppes des câbles et des tuyaux.

Digitized by Google

Du fait que des corrosions énergiques se sont produites également sur des parties bien isolées, où les cables croisaient des tuyaux, on peut déduire que ce moyen d'exécution, peu pratique d'ailleurs, ne remplirait pas son but.

6. On a conseillé d'intervertir fréquemment le sens du courant d'alimentation des tramways électriques, pour renverser périodiquement l'action électrolytique. Au point de vue pratique, cette solution semble également assez difficile à appliquer, excepté dans le cas où l'on pourrait employer des courants alternatifs.

7. Pendant que ces différentes questions étaient à l'étude, M. F.-S. Pearson, ingénieur du Westend-Street-Railway de Boston, proposa deux moyens qui, quoique indépendants, furent employés simultanément et permirent d'obvier à l'inconvénient que l'on cherchait à faire disparaître.

La première proposition est fondée sur cette remarque que, s'il est possible de relier le pôle positif de la génératrice avec le contact des voitures motrices, le danger des actions électrolytiques destructives disparaît pour la plus grande et la plus active partie de la ville et se trouve reporté dans le voisinage de la station centrale, où il est plus facile d'y porter remède.

On donna suite à cette proposition. On inversa le courant principal de la ligne, et on

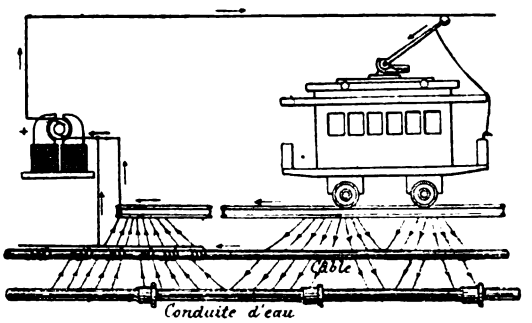


Fig. 2

trouva que dans le voisinage de la station centrale les câbles qui présentaient auparavant un potentiel négatif de 1 à 2 volts par rapport à la terre, avaient maintenant une tension positive de 1 à 2 volts. Les courants indiqué sur la figure 1 étaient alors de sens opposé.

La seconde proposition de M. Pearsons tendait à brancher sur la borne négative de la dynamo de fortes conduites en cuivre et à les faire passer dans les régions les plus exposées aux courants d'électrolyse, pour les relier par intervalles relativement courts aux câbles principaux, comme le montre la figure 2.

Ce conducteur auxiliaire recevant le courant de basse tension a pour effet d'offrir un chemin facile au courant circulant dans les câbles et d'en empêcher le passage dans le sol humide. Les mesures ont montré que les câbles qui présentaient unedifférence positive de 9 volts par rapport au conducteur de retour, ce qui indique bien que ce conducteur se comporte par rapport aux câbles en quelque sorte plus négativement que la terre.

Ces conducteurs, formés d'un grand nombre de fils de 2 mm. de diamètre, et formant des câbles de 25 mm. de diamètre, sont posés en terre le long des lignes, jusqu'à une distance de 1 400 mètres de la station centrale ; et dans les regards, ils sont reliés aux câbles par des fils soudés de 3 à 4 mm. d'épaisseur. Comme le montre la figure 2, l'action protectrice s'étend également aux conduites d'eau et de gaz, qui se trouvent également à l'abri des actions électrolytiques.

A. H.

Sur la recherche des défauts dans un fil enroulé sur une bobine conductrice

Dans beaucoup de galvanomètres et d'autres instruments de mesure, de même que dans les électros de dynamos et autres, des fils isolés de grande longueur sont souvent enroulés sur des bobines métalliques. Assez fréquemment on constate des défauts d'isolement faisant communiquer le fil avec la bobine.

Dans l'*Electrician*, de Londres, M. Campbell indique une méthode simple permettant de localiser ces défauts. Il y a quelque temps, il eut à essayer un électro-aimant défectueux. Les essais de résistance ordinaires montrèrent

Digitized by Google

qu'entre le fil et la bobine, existait un défaut d'environ 100 ohms de résistance. Comme il fut impossible de retrouver plusieurs fois de suite la même valeur, les essais de résistance ordinaires furent abandonnés. La méthode suivante a permis de localiser assez exactement le défaut.

Dans le schéma ci-dessous (fig. 1) *ac* représente la bobine à essayer, enroulée sur l'ame métallique B. Un galvanomètre d'assez grande résistance G est relié par l'une de ses bornes à l'âme B par l'autre à un commutateur qui permet d'établir la communication soit avec Q, soit avec M. Un certain nombre de spires de fil isolé P sont enroulées sur la bobine à essayer. Ces spires forment la bobine primaire.

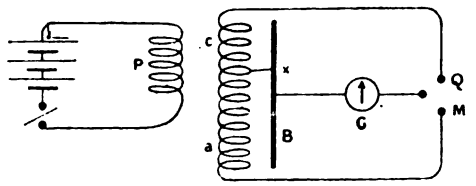


Fig. 1.

Supposons que le défaut soit en x. On relie G avec M, et on envoie un courant dans le primaire P, en notant l'élongation du galvanomètre. Celui-ci est ensuite relié avec Q, puis le même courant est envoyé dans P, et la nouvelle élongation observée.

Si les deux élongations sont désignées respectivement par D_1 et D_2, on a :

$$\frac{\text{Nombre de spires branché } a}{\text{Nombre de spires branché } b} = \frac{D_1}{D_2}$$

Cette relation permet immédiatement de localiser le défaut x de la bobine.

Quelques remarques sur la pratique de cet essai. On remarquera que si le galvanomètre est assez sensible, le défaut peut avoir une résistance assez grande sans affecter l'exactitude de la mesure. Si la résistance du défaut est variable, celle du galvanomètre doit être relativement plus élevée. Si possible, il faudrait employer un galvanomètre balistique à miroir. Toutefois, l'essai peut être fait approximativement avec un galvanoscope quelconque, pourvu que les oscillations soient sensiblement proportionnelles à la quantité de courant. Si le galvanomètre n'est pas assez sensible, on introduit dans la bobine un noyau de fer, au besoin formé de bandes de tôle que l'on peut replier sur elles-mêmes extérieurement, de manière à former un circuit magnétique fermé. Dans ce cas, on est également certain de concentrer les lignes de force à l'intérieur de toutes les spires, et la mesure devient plus précise.

Lorsqu'on dispose de courants alternatifs et d'un voltmètre approprié, on peut remplacer le galvanomètre par ce voltmètre, et faire passer des courants alternatifs dans le primaire P.

Enfin, si l'on n'a pas de galvanomètre, on observe les deviations d'une aiguille aimantée placée au centre de la bobine, dont on relie successivement chacune des extrémités à l'un des pôles d'une pile, dont l'autre communique avec le support métallique de la bobine. Ce moyen n'est, naturellement, qu'un expédient et ne saurait donner qu'une indication peu précise.

A. H.

Téléphone magnéto-électrique Frank (1894)

Le long aimant A est vissé dans une douille H en fer, autour de laquelle s'enroule le fil I, auquel les fils B, B, amènent les courants de la ligne, et il est fixé au bas dans la plaque de fer assujettie dans le tube d'acier R par la vis de pression E, après son réglage final par la vis filetée dans le fond. L, fixé par les vis L. Le diaphragme C, fixé par les vis F, porte un noyau conique en fer K au-dessus des creux correspondant en A de manière à empêcher la dispersion des lignes de force concentrée figure 3 dans une direction perpendiculaire au diaphragme rendus ainsi le plus sensible possible aux ondulations du champ magnétique, comme on le voit en comparant le diagramme figure 3 à ceux figures 4 et 5 des

Digitized by Google

champs magnétiques des téléphones ordinaires. Le tout est recouvert par l'embouchure S, fixée à F par les vis *x*.

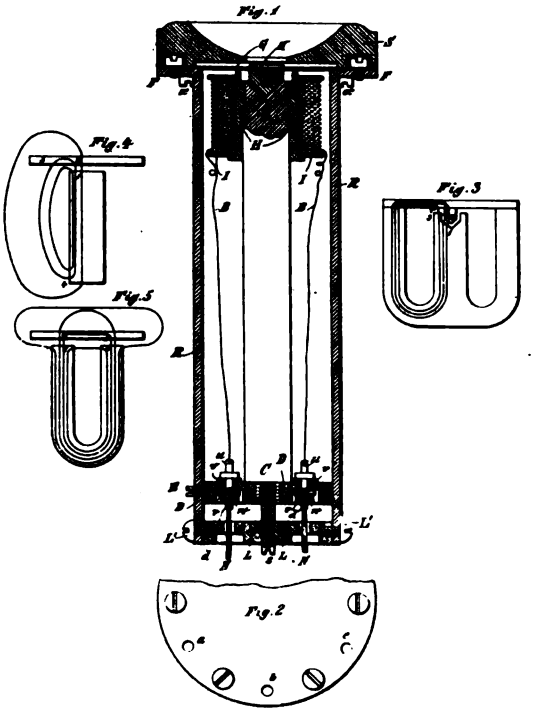


Fig. 1 à 5. Téléphone Frank

Les attaches *u*, *d*, des fils B B, isolées en *v* *v*, sont serrées par des écrous *w*, *w*.

G. R.

Accumulateurs Blot (1894)

Les plaques sont constituées par des bandes de plomb préalablement formées C D en bobines sur des âmes en plomb antimonié B, soudées en *a a*, au cadre de même matière A. Ces bandes sont alternativement ondulées, C, puis ondulées et bosselées, D, pour faciliter la circulation de l'électrolyte et sa pénétration.

En figures 5, 6 et 7, ces bandes sont remplacées par des panneaux C, ondulés comme les bandes, préalablement formées, superposées et sur lesquelles on coule le cadre A.

G. R.

Accumulateurs Fulmen (1894)

Le cadre D est entouré d'une enveloppe en

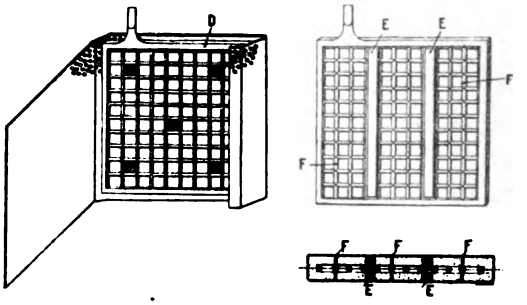


Fig. 1 à 3. Accumulateurs Fulmen

celluloïde, perforée à parois opposées réunies

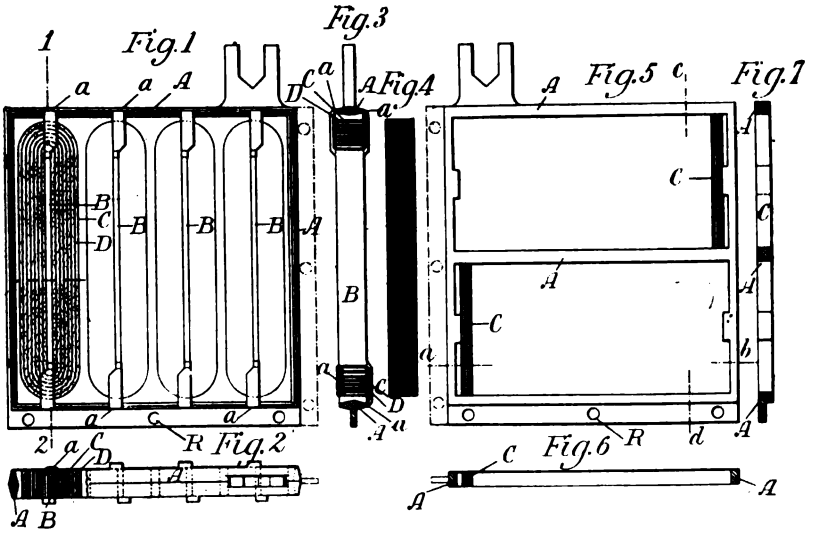


Fig. 1 à 7. — Accumulateurs Blot

Digitized by Google

sans induction r_1, r_2,... dont on reliera les par des cubes ou des moulants de celluloïde E E, collés avec de l'acétone, de manière à empêcher l'enveloppe de se déformer par le froissement de la matière active dont on la remplit.

G. R.

Revue des Sociétés savantes

ET DES

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Remarques sur la méthode électrochimique d'inscription des courants alternatifs. par M. A. Blondel (1).

Après avoir fait remarquer l'analogie de la méthode électrochimique d'inscription des courants alternatifs de M. Janet (2) avec une méthode imaginée autrefois par M. Marcel Deprez pour l'inscription de la pression de la vapeur dans une machine, M. Blondel s'exprime ainsi au sujet de la méthode.

Le succès de cette intéressante méthode vient surtout de ce qu'au lieu d'un instrument indicateur du genre du galvanomètre, elle emploie pour le tracé des segments de droite, un phénomène chimique où n'interviennent ni inertie ni amortissement (3); elle dispense, par la même circonstance, de tout enregistrement photographique, toujours forcément compliquée. Elle paraît donc appelée à un légitime succès.

Mais l'emploi d'une batterie d'accumulateurs proportionnée à la force électromotrice à mesurer constituerait encore une sujétion gênante dans bien des cas; je me propose d'indiquer ici un autre artifice permettant de réduire autant que l'on veut le nombre de ces éléments sans introduire dans la méthode d'autres causes d'erreurs que celles existantes.

Pour trouver une série de points de la courbe par l'intersection avec une droite horizontale il n'est pas nécessaire de déplacer celle-ci parallèlement à elle-même; on peut, tout en la conservant fixe, déterminer les mêmes segments *en modifiant l'échelle de la courbe*; par exemple, en réduisant l'échelle de moitié, on obtient le même segment qu'en doublant l'ordonnée de la droite horizontale. Ce changement d'échelle peut être réalisé très simplement à l'aide d'un potentiomètre construit d'une manière appropriée.

Supposons qu'il s'agisse, par exemple, de déterminer la courbe des différences de potentiel u entre deux lignes $A_1 B_1$, $A_2 B_2$ (fig. 1):

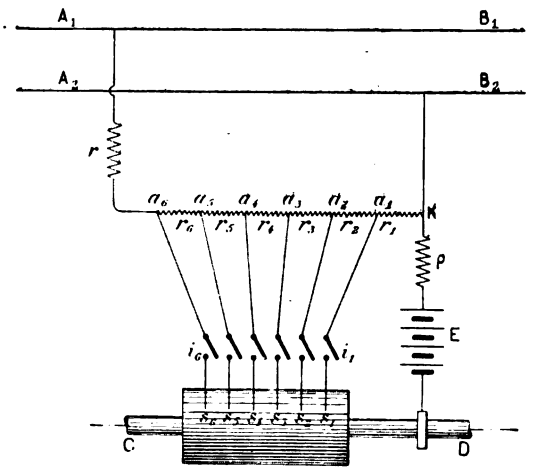


Fig. 1

on disposera entre A_1 et B_2 une dérivation $A_1 B_2$ de résistance totale R_1 comprenant un rhéostat sans induction r et une série de résistances

(1) *Comptes rendus* t. CXIX, p. 399 (13 août 1894).

(2) *Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 862, t. CXIX, p. 58 et 217. — *La Lumière électrique*, t. LIII, p. 92.

(3) J'avais essayé, il y a un an, d'appliquer l'artifice de M. Marcel Deprez à mon *oscillographe* pour courants électriques, en limitant le déplacement du miroir vibrant par une double butée analogue à la fourchette de l'indicateur de Watt; mais la difficulté de régler le jeu de celle-ci à une valeur extrêmement faible, et de réaliser encore l'amortissement nécessaire ne m'a pas permis de réussir.

Digitized by Google

dont on reliera les bornes a_1, a_2,..., aux styles s_1, s_2,... qui frottent contre le tambour par l'intermédiaire d'interrupteurs i_1, i_2.... qu'on peut fermer successivement (1). D'autre part, on reliera le point K au tambour par un conducteur dans lequel on intercalera une pile E et une résistance P suffisamment grande pour que le courant dérivé à travers le tambour entre K et a_1 ou a_2, ou a_3,.. soit négligeable à côté du courant qui traverse la résistance r_1, r_2,... Les différences de potentiel qui agiront aux extrémités des styles seront, dans ces conditions, sensiblement

$$\left(\frac{u}{R} - \frac{E}{2}\right), \left(\frac{r_1+r_2}{R}u - E\right), \left(\frac{r_1+r_2+r_3}{R}u - E\right),$$

Si les styles sont également espacés, et qu'il y en ait 10 par exemple, on devra faire

$$r_1 + r_2 = \frac{10}{9} r_1, \quad r_1 + r_2 + r_3 = \frac{10}{8} r_1, \ldots$$

ou $r_2 = \frac{1}{9} r_1$, $r_3 = \frac{10}{72} r_1$, $r_4 = \frac{10}{56} r_1$, $r_{10} = \frac{r}{2} r_1$,

et l'on obtiendra 10 segments de la courbe, c'est-à-dire 20 points déterminant une alternance (2).

Pour inscrire l'autre alternance, il suffit d'intervertir le sens de la force électromotrice E ou de u, et de recommencer les opérations.

Dans ces conditions, le même appareil peut être appliqué à tous les cas possibles, quel que soit le voltage; il suffit de régler à la main le rhéostat de façon que le premier style donne une trace courte (voisine du sommet de la courbe) pour que l'une des alternances de celle-ci puisse se trouver inscrite à une échelle convenable, facile à déterminer quand ou connaît E, R et r_1.

La force électromotrice employée E peut donc être quelconque, pourvu que les résistances r_1, r_2,... soient choisies en conséquence; mais il ne faut pas perdre de vue que la netteté dans l'apparition et la disparition de la trace bleue, et par conséquent la précision, croîtra avec E.

On remarquera aussi que, en faisant plusieurs inscriptions avec des valeurs différentes de E., on peut multiplier presque indéfiniment les points de la courbe obtenue.

Les mêmes dispositifs s'appliquent à la détermination des intensités de courant, soit qu'on établisse le potentiomètre sur le courant lui-même, soit qu'on le mette en dérivation par rapport à un des conducteurs; si l'on adopte ce dernier procédé, on pourra construire une fois pour toutes une boîte portative comprenant le tambour, son moteur synchrone, la pile, le potentiomètre et le rhéostat de réglage, applicable à toutes les déterminations d'intensité de courant aussi bien que de différence de potentiel.

(1) Dans le but de réduire au minimum l'intensité du courant dérivé par les styles; dans ces conditions, je suppose, bien entendu, le tambour calé sur l'arbre des l'alternateur qui produit les courants, ou entraîné par un petit moteur synchrone amorti.

(2) Au lieu de cela, on pourrait faire varier les résistances suivant une loi quelconque et espacer les styles inégalement en conséquence; mais la disposition qu'on vient d'indiquer paraît en général préférable.

Sur l'équilibre des liquides magnetiques, par Eugenio Mortara (1).

On sait qu'un liquide magnétique placé entre les pôles d'un électro-aimant se creuse au milieu tandis qu'un liquide diamagnétique placé dans les mêmes conditions présente au contraire un renflement et s'étend perpendiculairement à la droite joignant les pôles. Le but du mémoire de M. Mortara est de chercher si ces apparences peuvent s'expliquer théoriquement.

L'auteur se place d'abord, pour plus de simplicité, dans le cas où l'électro-aimant est formé de bobines horizontales dont les axes se prolongent (électro-aimant de Ruhmkorff), chacune d'elles étant constituée par une seule couche de fil recouvrant entièrement le noyau de fer doux. L'action magnétique du courant de chaque bobine est équivalente à celle de deux couches magnétiques de noms contraires situées sur les deux bases de la bobine; de

(1) *Atti della realle Accademia delle Scienze di Torino*, t. XXIX, p. 325-327 (28 janvier 1894).

Digitized by Google

même l'action magnétique du cylindre de fer doux, que l'on peut regarder comme uniformément aimanté, est équivalente à celle de deux couches magnétiques situées sur ses bases Comme la longueur du noyau est supposée égale à celle de la couche de fil et que son diamètre est sensiblement égale à celui de cette couche, chaque bobine peut être remplacée par deux couches magnétiques circulaires et uniformes situées à ses deux extrémités. Mais, les bobines de l'électro-aimant étant en général assez longues, l'action d'une de ces couches sur le liquide est négligeable par rapport à celle de l'autre, de sorte que, en définitive, l'action de l'électro-aimant se réduit sensiblement à celle de deux couches magnétiques uniformes de densités $+\rho$ et $-\rho$, ayant un rayon a égal à celui des noyaux et situées, parallèlement entre elles, à une distance d égale à celle qui sépare les bobines.

L'auteur se trouve donc conduit à calculer le potentiel d'une couche magnétique circulaire et uniforme en un point de l'espace. Nous ne le suivrons pas dans ce calcul qui mène aux formules (15) du § 367 des *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme*, de MM. Mascart et Joubert. Comme en pratique la distance qui sépare les pôles de l'électro-aimant est toujours plus petite que le rayon des noyaux, un point quelconque du liquide est à une distance r du centre de chaque couche plus petite que le rayon a de ce disque et il suffit de prendre la première de ces formules :

$$V_1 = 2\pi a\rho \left[1 - X_1 \frac{r}{a} + \frac{1}{2} X_2 \frac{r^2}{a^2} - \frac{1.1}{2.2} X_4 \frac{r^4}{a^4} + \frac{1.1.3}{2.2.6} X_6 \frac{r^6}{a^6} \cdots\right] \quad (1)$$

Les quantités X_1, X_2..., appelées polynomes de Legendre, sont des fonctions de l'angle θ formé par la droite joignant le point considéré au centre de la couche magnétique avec la normale à cette couche. Les valeurs des premières sont :

$$X_1 = \cos\theta, \qquad X_2 = \frac{3\cos^2\theta - 1}{2},$$

$$X_3 = \frac{5\cos^3\theta - 3\cos\theta}{2}, \qquad X_4 = \frac{35\cos^4\theta - 30\cos^2\theta + 3}{8}.$$

Si nous portons ces valeurs dans V_1 et si, à titre de première approximation, nous négligeons les puissances de $\frac{r}{a}$ supérieure à la seconde, il vient

$$V_1 = 2\pi a\rho \left[1 - \cos\theta \frac{r}{a} + \frac{1}{2} \frac{3\cos^2\theta - 1}{2} \frac{r^2}{a^2}\right]. \quad (2)$$

Ces préliminaires établis l'auteur aborde l'étude de la forme de la surface libre d'un liquide en quantité assez petite pour que son magnétisme induit ne modifie pas sensiblement le champ. Si P désigne le potentiel de toutes les forces agissant sur un point P de cette surface l'équation de cette surface est

$$P = C,$$

C étant une constante. Or, les forces agissantes sont la pesanteur, dont le potentiel est $-mgz$ — si l'on prend pour axe des z un axe vertical, et les forces magnétiques dont le potentiel μVest égal à la somme des potentiels V_0 et V_1 des couches magnétiques remplaçant la bobine, multipliée par la densité magnétique au point considéré.

En prenant pour axe des x la droite cc' (fig. 1) joignant les centres de ces couches;

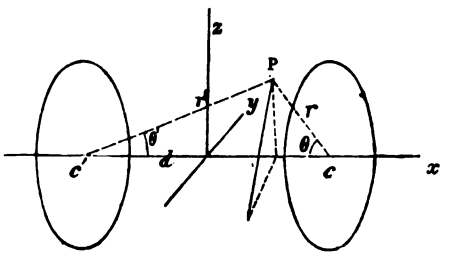


Fig. 1.

pour axe des y une horizontale passant par le milieu de cette droite et pour axe des z une verticale passant par le même point, on a :

$$\cos\theta = \frac{d - x}{r}, \qquad \cos\theta' = \frac{d - x}{r'}$$

et l'expression (2) devient

$$V_1 = 2\pi a\rho \left(1 - \frac{d - x}{a} + \frac{1}{2} \frac{3(d - x)^2 - r^2}{2a^2}\right).$$

De même on aurait

$$V'_1 = 2\pi a\rho \left(1 - \frac{d + x}{a} + \frac{1}{2} \frac{3(d + x)^2 - r^2}{2a^2}\right).$$

Digitized by Google

En remplacement r^2 et r'^2 par leurs valeurs $r^2 = y^2 + z^2 + (x-d)^2$, $r'^2 = y^2 + z^2 + (x+d)^2$, l'équation de la surface libre $\mu (V_1 + V_1') - mgz = C$ devient, après simplifications

$$2\pi a\mu \left(1 + \left(1 - \frac{d}{a}\right)^2 + \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2+z^2}{2a^2}\right) - mgz = C \qquad (3)$$

C'est l'équation d'un hyperboïde de révolution autour d'un axe horizontal situé dans le plan *zox*; cet hyperboloïde est à une ou à deux nappes suivant la valeur de la constante C, valeur qui dépend de la nature du liquide, de sa quantité et du vase qui le renferme et, par suite, ne peut être déterminée *à priori*. Mais puisque l'expérience montre qu'une petite quantité de liquide paramagnétique soumise à l'action d'un champ magnétique intense peut se scinder en deux parties, il faut admettre que l'hyperboloïde est à deux nappes, le liquide se ressemblant à l'intérieur de ces nappes.

Si l'on admet que les corps diamagnétiques prennent, sous l'influence d'un champ magnétique, une polarisation inverse des corps paramagnétiques, l'équation de la surface libre d'un liquide diamagnétique ne doit différer de

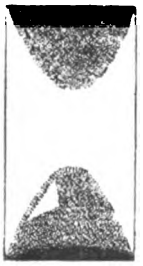


Fig. 2

(3) que par le changement de μ en $-\mu$. C'est donc encore un hyperboloïde de révolution à deux nappes; mais le liquide, au lieu de se rassembler comme précédemment à l'intérieur de ces nappes, doit au contraire être repoussé à l'extérieur. Il s'en suit que si l'on regarde le liquide par sa partie supérieure il doit présenter un renflement perpendiculaire à l'axe des x (fig. 2).

Les conclusions théoriques obtenues en négligeant les termes supérieurs au second dans les expressions de V_1 et V_1' sont donc d'accord avec l'expérience. En est-il de même lorsque l'on tient compte des termes en $\frac{r^4}{a^4}$? C'est ce que M. Mortara examine.

Il est alors conduit à une surface du quatrième degré dont il étudie la forme en cherchant celles des sections de cette surface par des plans respectivement perpendiculaire à l'axe des x à une équation de la forme

$$A(y^2 + z^2)^2 + B(y^2 + z^2) + mgz = \text{const.} \qquad (4)$$

Elle montre que la section n'a pas de branches infinies et qu'elle peut devenir imaginaire pour certaines valeurs de la constante du second membre, lesquelles dépendent d'ailleurs de C, c'est à-dire de la nature du liquide, de sa quantité et du vase qui le contient. Les section par les plans $z = k$ ou $y = k$ sont des courbes du quatrième degré, présentant quatre branches infinies. Par conséquent, la forme de la surface ne diffère pas de celle d'un hyperboloïde de révolution.

Il reste maintenant à étendre les considérations précédentes au cas où l'électro-aimant possède plusieurs couches de fil superposées, toutes ces couches ayant la même longueur. Chacune d'elles pouvant être remplacée par deux couches magnétiques circulaires ayant un rayon égal à celui de la couche de fil, l'effet de l'électro-aimant sera le même que celui de deux séries de couches magnétiques circulaires concentriques situées dans deux plans verticaux distants de d. Le potentiel magnétique de l'une de ces séries s'obtiendra évidemment en remplaçant le facteur $2\pi a\rho$ de l'expression (1) par la somme

$$\Sigma 2\pi a\rho = 2\pi a_1\rho_1 + 2\pi a_2\rho_2 + 2\pi a_3\rho_3 \ldots + 2\pi a_n\rho_n,$$

n étant le nombre des couches de fil. Par conséquent, l'équation de la surface libre du liquide sera encore de la même forme, c'est-à-dire différera peu de celle d'un hyperboloïde de révolution à deux nappes.

Ainsi que nous l'avons dit, cette conséquence est d'accord avec les faits observés, au moins d'une façon générale. Toutefois si l'on

Digitized by Google

y regarde d'un peu plus près, elle présente quelque divergence avec ce qu'on observe avec les liquides diamagnétiques. En effet, si la surface libre de tels liquides est un hyperboloïde à deux nappes, l'air se trouvant du côté de la concavité, ces liquides, vus d'en haut devraient présenter, de part et d'autre du renflement médian, une dépression plus grande dans le plan de *zox* que dans tout plan parallèle. Or, l'expérience ne montre rien de semblable, le liquide paraissant, au contraire, s'élever davantage suivant les plan *zox*. En d'autres termes, tandis que la théorie indique que la section par un plan $x = k$, situé au delà du renflement médian, doit avoir sa concavité tournée du côté de l'air, l'expérience semble montrer que c'est la convexité de cette section qui est du côté de l'air.

On pourrait craindre que cette divergence ne provienne de ce que, en assimilant la surface libre à un hyperboloïde, on néglige des termes non négligeables. Pour lever ce doute, M. Mortara, considère la section par un plan $x = k$ de la surface du quatrième degré que l'on obtient en considérant les termes du quatrième degré dans le développement de V_1.

Lorsqu'on supposait l'électro-aimant formé par une seule couche de fil entourant le noyau, cette section avait une équation de la forme (4). Son équation doit, ainsi que nous l'avons vu, rester encore de la même forme lorsqu'on suppose plusieurs couches de fils sur la bobine. Le coefficient angulaire de la tangente en un point d'une courbe $f(x, y) = o$ étant

$$\frac{dz}{dy} = \frac{\frac{df}{dy}}{\frac{df}{dz}} = o,$$

on voit que la tangente à la section sera parallèle à l'axe des y aux points satisfaisant à l'équation

$$\frac{df}{dy} = 4A(y^2 + z^2)\,y + 2By = o$$

Outre la solution $y = o$, qui indique que la tangente est horizontale aux points d'intersection de la surface libre avec le plan *zox*, cette équation admet celle de

$$4A(y^2 + z^2) + 2B = o \qquad (5)$$

Or, le calcul de A et de B, montre que

$$A = \frac{6}{64} \sum \frac{2\pi\rho\alpha\mu}{a^4},$$

$$B = \frac{1}{4}\left(2 \sum \frac{2\pi\rho\alpha\mu}{a^2 d^2} - 3 \sum \frac{2\pi\rho\alpha\mu}{a^4} \right).$$

La valeur de A est évidemment du signe de μ ; celle de B est aussi du même signe, car puisque le rayon a est notablement plus grand que $2d$, on a en général,

$$\frac{2}{a^2 d^2} > \frac{3}{a^4}.$$

Mais si A et B sont du même signe les solutions de (5) sont imaginaires. Par suite, il n'y a que pour $y = o$ que la tangente à la section puisse être horizontale ce qui indique que la section doit être de la forme de la figure (3) et non de celle de la figure (4), laquelle

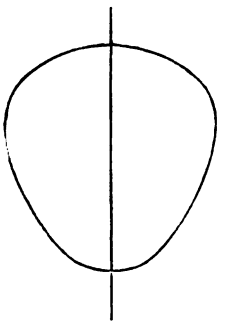


Fig. 3

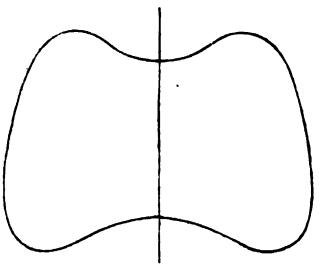


Fig. 4

s'accorderait seule avec l'expérience.

La divergence entre la théorie et l'expérience ne peut donc être attribuée à un défaut d'approximation des calculs. Suivant l'auteur, elle est due à ce que l'hypothèse qui consiste à regarder la polarisation diamagnétique comme inverse de la polarisation paramagné-

Digitized by Google

tique est inexacte C'est là la conclusion de son mémoire qu'il exprime en ces termes :

« Les expériences faites avec un noyau cylindrique de longueur égale à celle de la bobine permettraient donc de se faire une opinion sur l'exactitude de l'ancienne théorie du diamagnétisme si on ne savait déjà que cette théorie est inexacte. Or, les milliers de figures qui représentent les expériences (voir par exemple; Roiti Elementi di fisica, § 547), faites, il est vrai, avec un noyau de fer doux ne remplissant pas la condition précédente, ne montrent pas de relèvement de la crête transversale ».

J. B.

Sur la détermination des constantes diélectriques au moyen des oscilations rapides, par Adolpho Campetti (1)

1. Les expériences faites par Cohn et Herwagen (2), Salvioni (3), Ebert et Wiedemann (4) avec le dispositif de Lecher (5) montrent qu'un changement quelconque, soit de la capacité, soit de la self-induction du primaire ou du secondaire entraîne une modification du système d'ondes, modification qui se manifeste par un déplacement des nœuds. L'auteur utilise ces phénomènes pour déterminer la capacité d'un condensateur intercalé dans le secondaire et, par suite, le pouvoir inducteur de la substance diélectique située entre les armatures.

Il commence par montrer théoriquement que l'interposition d'un condensateur dans le circuit secondaire doit produire un déplacement des nœuds. Pour cela, il s'appuie sur deux postulats justifiés par les recherches de Cohn et Heerwagen : 1° la différence de potentiel entre les extrémités des fils attachés au condensateur est égale à la différence de potentiel entre les armatures du condensateur; 2° l'énergie des deux systèmes (fils et condensateur) a une somme indépendante du temps. En outre, il adopte les expressions données par ces auteurs pour la différence de potentiel entre deux points des fils et pour l'énergie électrique et magnétique du système, expressions qui sont :

$$\Phi = 2B \log \frac{b}{a} \sin nt \sin mz, \quad \text{avec } m = \frac{2\pi}{\lambda},$$

$$W = \frac{B^2}{4} \log \frac{b}{a} \sin 2mz \cos^2 nt + A, \quad \text{avec } n = \frac{2\pi}{T},$$

où B est constant, A indépendant du temps t, z la longueur comptée sur le fil, b la distance des fils, a leur rayon, λ la longueur d'onde et T la durée d'oscillation (complète).

En appelant x la distance du dernier nœud du système au condensateur de capacité C que l'on intercale, l la distance de ce nœud à l'extrémité du fil, le second postulat donne la relation

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2} C \Phi^2(x) + W(l)\right) = 0,$$

de laquelle on déduit, en appelant d la distance $l-x$ du condensateur à l'extrémité du secondaire

$$C \log \frac{b}{a} \sin^2 \frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{\lambda}{8\pi} \sin \frac{4\pi (x+d)}{\lambda}$$

Quoique cette relation soit assez compliquée, elle montre que si λ et d sont grands par rapport à x, cette distance x diminue, c'est-à-dire que le nœud se rapproche du condensateur, quand la capacité C augmente.

Le phénomène qui sert de base à ses expériences se trouvant ainsi expliqué, M. Campetti expose le but de celles-ci. Il rappelle que la relation de Maxwell $n^2 = d$ entre le carré de l'indice de la réfraction n et la constante diélectrique d qui ne se vérifie bien que pour les substance parfaitement isolantes lorsqu'on prend pour n l'indice des rayons lumineux, se vérifie assez bien pour les substances peu isolantes lorsqu'on prend pour n l'indice de réfraction des rayons de force électriques, indice

(1) *Rendiconti della reale Accademia dei Lincei*, 5e série, t. III, p. 16-24 (1er juillet 1894)

(2) *Wied. Ann.*, t. XLIII, p. 343. *Lum. Elect.*, t. XLI, p. 461. 1891.

(3) *Rendiconti dei Lincei* 1892. — Voir également *Lum. Elect.*, t. LI, p. 186.

(4) *Wied, Ann.*, t. XLVIII, p. 549; 1893.

(5) *Wied. Ann.*, t. XLI, p. 850 et t. XLII, p. 141. — *Lum. Elect.*, t. XXXIX, p. 89.

Digitized by Google

déterminé pour quelques substances par Arons et Rubens (1), Ellinger (2), Cohn (3) et Yule (4). Mais Lecher (5) ayant trouvé que la constante diélectrique de certaines substances augmente en même temps que la fréquence des oscillations, l'auteur a pensé qu'il était utile de mesurer, au moyen des oscillations hertziennes (déjà employées par J.-J. Thomson pour le verre, le soufre et l'ébonite, par Lecher pour le verre et le pétrole, par Blondlot pour le verre) la constante diélectrique des liquides dont on connaît l'indice de réfraction des rayons de force électriques. Ses expériences ont porté sur quatre de ces liquides : l'eau, l'alcool éthylique, le pétrole, l'huile d'olives et sur la benzine, l'alcool isobutilyque, l'alcool méthylique, ainsi que sur quelques solutions de l'acide chlorhydrique dans l'eau et dans les alcools.

2. La disposition expérimentale était celle de Lecher, en ce qui regarde le circuit primaire et le circuit secondaire. Les plateaux étaient en zinc, et avaient 40 cent. de large ; les fils secondaires, de 1,4mm. de diamètre, partaient du milieu des plateaux secondaires, et s'infléchissaient de telle sorte qu'à 30 cm. des plateaux ils étaient parallèles et distants de 31,5 cm sur une longueur de 455 cm. A leurs extrémités se trouvaient deux petites bouteilles de Leyde dont les armatures internes étaient formées par les fils eux-mêmes et les armatures externes par deux feuilles d'étain collées sur deux petits tubes de verre. L'une de ces dernières était reliée à une paire de quadrants, l'autre à l'autre paire de quadrants et à l'aiquille d'un électromètre d'Edelmann, situé à quelques mètres de distance. La déviation de l'aiguille devenait maxima quand le pont se trouvait en un nœud ; la position du pont correspondant à un maximum pouvait être déterminée avec beaucoup d'exactitude.

Pour une distance des plateaux de 16 cm. on avait quatre nœuds bien distincts aux distances 15, 125, 264,364. En insérant un condensateur à la distance 100 on constatait un déplacement du premier nœud vers le condensateur, déplacement qui était de 2 cm. pour une capacité égale à 1,83 et de 4 cm. pour une capacité de 2,60.

Pour les mesures des constantes diélectriques il parut préférable de fixer aux extrémités des fils deux disques de zinc de 150 cm² de surface ; le système d'ondes n'était plus le même que précédemment. On insérait dans le secondaire à 100 cm. de l'origine un condensateur formé de deux disques de laiton parfaitement plans et dont la distance pouvait être changée à volonté, puis on notait la position des nœuds pour diverses valeurs de la distance. Le tableau suivant donne la position du second nœud (choisi de préférence aux autres parce qu'il était le mieux marqué) et la capacité correspondante du condensateur calculée par la formule de Kirchhoff (*Ges. Abh.* p. 112)

$$C = \frac{r^2}{4e} + \frac{r}{4\pi}\left\{ -1 + \log\frac{16\pi e + d)r}{e^2} + \frac{d}{e}\log\frac{e+d}{d}\right\},$$

où r est le rayon d'un disque, d son épaisseur et e la distance des deux disques ;

C =	0	8.9	15.9	24.9	32.9	39	65.2	88.8	119.5
2e nœud :	145	138	133	131	128	124	115	110.5	105.5

Au même point du secondaire on insérait ensuite un condensateur formé de deux cylindres en verre mince, concentriques, la surface interne du plus petit et la surface externe du plus grand étant recouvertes d'une feuille d'étain. On déterminait la position du second nœud quand l'espace compris entre les cylindres contenait de l'air puis quand cet espace était rempli du liquide expérimenté. De ces positions on déduisait, à l'aide du tableau précédent, les capacités dans les deux cas et, de là, la constante diélectrique du liquide.

Dans le calcul de cette constante, on avait soin de tenir compte de l'épaisseur de verre comprise entre les armatures métalliques et on

(1) *Wied. Ann.*, t. XLII, p. 581. — *Lum. Elect.*, t. XLI, p. 368 (1891).

(2) *Wied. Ann.*, t. XLV et t. XLVI, p. 513. *Lum. Elec.*, t. LXV, p. 298 (1892).

(3) *Wied. Ann.*, t. XLV, p. 370. — *Lum. Elec.*, t. XLIII, p. 627 (1892).

(4) *Phil. Mag.*, t. XXXVI p. 531. — *Wied. Ann.*, t. XL. p. 742. — *Lum. Elect.*, t. XLIX, p. 89, t. L, p. 584 (1893).

(5) *Wied. Ann.* t. XLII, p. 142 (1891).

Digitized by Google

prenait 3 comme valeur approximative de la constante du verre, approximation suffisante par suite de la faible épaisseur des tubes de verre. Le tableau suivant résume les résultats des expériences et du calculs; C_1 désigne la capacité trouvée pour le condensateur vide, C_2 celle du condensateur rempli de liquide, d la constante diélectrique calculée au moyen de C_1 et de C_2. Ajoutons pour donner tous les éléments du calcul que le rayon de l'armature externe était 4,605 cm., celui de l'armature interne 3,325, et l'épaisseur de verre comprise entre ces armatures était de 0,24 cm.

	C_1	C_2	d
Pétrole commun de densité, 0,801 à 18°	26.2	49.1	2.03
Benzine	25	53.5	2.33
id.	26.3	55	2.29
Huile d'olives de densité 0,915 à 18°	24.9	64	2.84
id.	24.9	65	2.97

3. Pour les autres liquides ayant une constante diélectrique plus élevée la capacité du condensateur précédent eût été trop grande. L'auteur en construisit trois autres du même genre en donnant à l'armature interne un rayon plus petit. Mais alors la distance des armatures devenait trop grande par rapport à la hauteur pour qu'on puisse négliger l'effet des bords des armatures; on évitait cette cause d'erreur en collant au-dessus et au-dessous des armatures et à 3 mm. de distance des bandes d'étain jouant le rôle d'anneaux de garde.

La capacité de ces condensateurs vides étant trop petite pour qu'on puisse la déduire du déplacement des nœuds on la calculait par la formule donnée par J.-J. Thomson (*Phil. Trans.* 1890),

$$C = \frac{l}{2\log\frac{r_2}{r_1}}\left\{1 + \frac{b}{l}\left(1 - \frac{2}{\pi}\operatorname{arctang}\frac{b}{2(r_2 - r_1)} + \frac{2(r_2 - r_1)}{\pi b}\log\left(1 + \frac{b^2}{4(r_2 - r_1)^2}\right)\right) + \frac{r_2 - r_1}{4r_1}\right\}$$

où r_1 ou r_2 sont les rayons des cylindres externes et internes, l la hauteur des armatures, b la distance qui sépare ces armatures des bandes inférieures et supérieures. On a trouvé ainsi pour les capacités des 3 condensateurs : $c_1 = 5{,}26$, $c_2 = 1{,}83$ $c_3 = 0{,}682$.

La capacité des condensateurs remplis de liquide se déterminait par le déplacement des nœuds. La correction nécessitée par la présence du verre entre les armatures métalliques se faisait comme il a été dit; elle était d'ailleurs très petite.

Pour plus de sécurité et pour contrôler les uns par les autres les résultats obtenus la détermination de d se faisait de deux manières: 1° en comparant la capacité du condensateur plein de liquide en expérience à la capacité calculée pour le condensateur vide. 2° En comparant la première de ces capacités avec celle que l'on trouve expérimentalement quand le condensateur est rempli d'un liquide dont la constante est connue. Le tableau suivant résume les résultats obtenus pour d.

NATURE du LIQUIDE	Avec le CONDENSATEUR I		Avec le CONDENSATEUR II		Avec le CONDENSATEUR III			MOYENNES
Acool isobutylique (de densité 0,817)	20,3	19,8 *	18,9	1.96 *	....	....	....	19. 7
Alcool éthylique (à 97 ° o)	....	....	25 »	24,4	24,6	....	....	24. 8
Alcool méthylique (à 97,5 o/o)	....	....	31,9	33,5	....	....	....	31. 2
Eau distillée	....	....	....	....	69,4	73,6 **	70,8 **	71. 3

* Par comparaison avec le condensateur rempli de pétrole.
** — — d'alcool méthylique

4. La comparaison des nombres relatifs à un même liquide montre que la méthode est satisfaisante, surtout si l'on remarque que les écarts sont, d'après l'auteur, en grande partie attribuables à la construction imparfaite des condensateurs qui ne permettait pas de placer les armatures exactement dans la même position relative dans toutes les expériences.

La comparaison des valeurs moyennes de d avec les valeurs obtenues par d'autres expérimentateurs au moyen de charges plus lentes conduit l'auteur à penser que la constante diélectique ne varie pas avec le nombre des alternances.

Quant à la relation $n^2 = d$ elle se vérifie bien en prenant pour d les valeurs obtenues par l'auteur et pour n les indices de réfraction des rayons de force électriques. C'est ce qui permet de voir le tableau suivant dans la der-

Digitized by Google

nière colonne duquel sont indiqués les noms des expérimentateurs à qui sont dues les diverses valeurs de n.

	n		n^2	d	
Pétrole..... ...	1,40	. . .	1,96	2,01	Arons et Rubens
Alcool éthylique..	5,17	4,9	...25,4	24,8	Yule-Ellinger
Eau	8,33	8,53	,9 72,6	71,3	Yule-Cohn-Ellinger

5. En faisant dissoudre de l'acide chlorydrique sec et gazeux dans l'un des liquides étudiés l'auteur a reconnu que, sauf pour l'alcool isobutylique, cette addition d'acide fait peu varier la constante diélectrique, bien que la conductibilité électrique se trouve énormément modifiée. Les résultats obtenus sont contenus dans le tableau ci-dessous :

	Alcool isobutyl. 1er échant.	Alcool isobutyl 2e échant.	Alcool éthyl.	Alcool méthyl.	EAU 1er échant.	EAU 2e échant.	EAU 3e échant.
HCl contenu dans 1000 parties en poids	1,32	13,2	0,02	0,02	0,006	0,02	0,04
d°	31,2	39,1	26,3	32,5	73,5	75,6	79,9

6. En résumé, il résulte de ce travail que :

1° La méthode adoptée permet de déterminer facilement les constantes diélectriques, même pour les liquides peu isolants, et pour des durées de charge très brèves.

2° La relation $n^2 = d$ se vérifie bien quand n et d sont calculés dans des conditions analogues.

3. Pour les oscillations rapides, la constante diélectrique d'un liquide varie peu quand, par la dissolution d'une substance, on augmente même notablement sa conductibilité électrique.

J. B.

Lignes téléphoniques aériennes sans induction, par Hintermayr (1)

On a indiqué plusieurs procédés permettant de conduire sur des poteaux portant déjà deux lignes téléphoniques une troisième ligne non inductive par rapport aux deux premières. Dans la plupart des solutions, on a évité l'emploi de croisements. L'auteur pense, toutefois, que dans la pratique on peut accepter de croiser les lignes, si ce procédé permet d'adopter une disposition plus simple des différentes boucles. A ce point de vue, il indique une disposition de trois lignes doubles téléphoniques sur les mêmes poteaux, et sans effets inductifs mutuels.

Soient (fig. 1), dans une section verticale

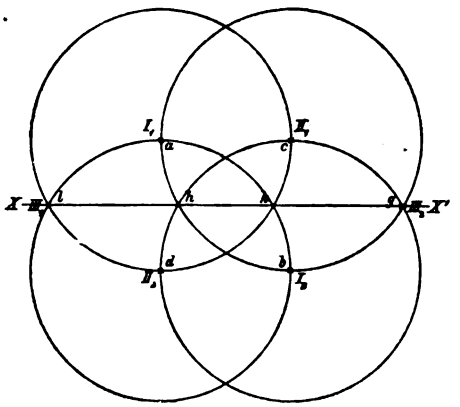


Fig. 1

des lignes, a et b les fils de la boucle I, c et d ceux de la boucle II, avec les distances $ac = cb = bd = da$; la ligne XX′ est alors le lieu géométrique de toutes les troisièmes boucles, dont les fils aient même distance de a et d ou de c et b, dès que ces troisièmes boucles sont croisées une fois au milieu de leur longueur.

En désignant l'induction mutuelle entre a et c par M_c^a, celle entre b et c par M_c^b, etc., on exprime que les deux boucles I et II sont sans induction l'une sur l'autre en écrivant :

$$M_c^a - M_c^b = M_d^a - M_d^b \qquad (1)$$

Si, de plus, on choisit sur la médiane XX′, deux points quelconques f et g, satisfaisant à la condition indiquée plus haut, et si on croise les fils f et g en leur milieu, on a pour la première moitié de cette troisième boucle :

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, juillet 1894.

Digitized by Google

$$M_f^a - M_f^b + M_g^b - M_g^a = C; \qquad (2)$$

pour la seconde moitié, à cause du croisement :

$$M_f^a - M_f^b + M_g^b - M_g^a = -C; \qquad (3)$$

et, par suite, pour la boucle entière :

$$M_f^a - M_f^b + M_g^b - M_g^a = 0,$$

ou

$$M_f^a - M_f^b = M_g^a - M_g^b. \qquad (4)$$

c'est-à-dire que par le fait du croisement la troisième boucle est sans induction par rapport à la première.

Mais ce qui est vrai pour la boucle I par rapport à III, l'est également pour la boucle II par rapport à III et enfin pour III par rapport à I, de sorte que dans cette disposition les trois boucles n'ont pas d'influence inductive les unes sur les autres.

C'est ce qui a d'ailleurs lieu, en général, quand la boucle III présente un nombre impair de croisements horizontaux dans un nombre pair correspondant de sections égales de la ligne. Mais il convient de n'employer qu'un seul croisement au milieu de la ligne, car le milieu peut être évalué avec une exactitude suffisante, pour éviter l'induction au même degré que lorsque avec deux boucles on emploie la disposition ordinaire I_1, I_2 et II_1, II_2; car dans ce cas on arrive à affaiblir les effets

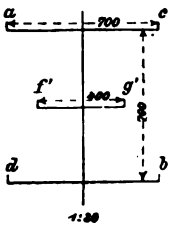


Fig. 2

d'induction à un point suffisant pour la pratique, quoique par suite des courbures de la ligne un des fils de chaque boucle soit toujours un peu plus long que l'autre.

Dans la pratique, on placera les fils *f* et *g* verticalement au-dessous de *a* et *c*, ou mieux encore, un peu à l'intérieur, en *f'* et *g'* (fig. 2); et s'il suffit de prendre pour la distance verticale *af* une longueur de 30 à 35 cm., on obtient pour *ac* et *bc*. *bd* et *da* une distance de 60 à 70 cm.

Le croisement au milieu de la ligne se fait très aisément en employant sur le même poteau des supports d'isolateurs de hauteurs différentes, comme le montre la figure 3.

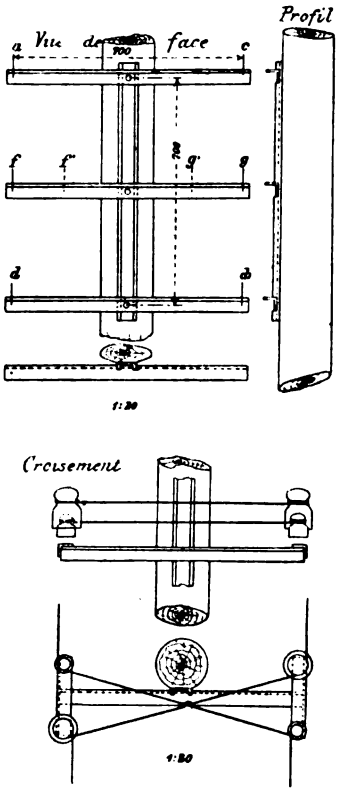


Fig. 3

Comme exemple d'application on peut citer trois lignes qui ne sont pas de longueur très considérable, mais dont les longueurs diffèrent beaucoup ; elles sont de 2,5, de 4 et de 7 kilomètres. Ces trois lignes disposées comme il vient d'être dit ne présentent pas d'induction mutuelle. La plus courte des lignes est placée au milieu, et on a trouvé que sans emploi du croisement sur cette ligne toutes les paroles transmises sur les autres lignes y étaient perceptibles, tandis qu'après l'établissement du croisement cet effet a complètement disparu.

A. H.

Digitized by Google

CHRONIQUE

L'utilité des parafoudres :

Le mois dernier, pendant le cours d'un violent orage qui a éclaté dans le département de la Lozère, la foudre est tombée sur la ligne du transport d'énergie établie par MM. Cuénod, Sautter et Cie au village de Sirvens, situé dans les environs de Mende. La foudre a suivi la ligne jusqu'à la station génératrice où elle a mis complètement hors d'état la dynamo Thury, dont, circonstance curieuse, presque tous les fils ont été coupés à quelques centimètres du collecteur.

Les fils téléphoniques destinés à établir la communication entre le sol et les aérostats militaires peuvent présenter de graves dangers en cas d'orage, si l'on en juge par un singulier accident qui se serait produit récemment en Angleterre. Par un temps orageux, on procédait, en présence de la duchesse de Connnaught, à des expériences d'aérostation, quand l'aérostat qui était en l'air et qui heureusement n'était monté par personne, fut foudroyé et complètement incendié.

D'autre part, la décharge électrique suivit les fils téléphoniques et précipita à terre les hommes qui maintenaient le ballon. La duchesse de Connaught fut, paraît il, tellement effrayée, qu'elle s'enfuit du champ d'expériences.

Peut être le fait du foudroiement lui-même a-t-il été la conséquence de la communication métallique qui a tranformé en quelque sorte l'aérostat en un paratonnerre à débit insuffisant ? On sait en effet que les accidents de ce genre avec des ballons libres sont très rares.

On commence à reconnaître un peu partout — sauf peut-être en France — tous les services que peuvent rendre, dans une foule d'industries, les moteurs électriques. Une preuve bien nette de cet état d'esprit résulte de ce fait qu'en ce moment deux expositions sont ouvertes, l une à Budapesth, l'autre à Gratz (Autriche), dans le but de montrer aux intéressés tous les services qu'ils peuvent retirer de l'emploi de ces appareils.

L'exposition de Budapesth comprend 32 moteurs à courants alternatifs et 42 à courant continu, qui actionnent tours, machines à travailler le bois et les métaux, machines à imprimer, à filer, à tisser, à laver, etc., ventilateurs, soufflerries, machines à glace, machines à coudre, pétrins de boulanger, etc. On remarquera, comme particularité intéressante, la proportion considérable des moteurs à courants alternatifs, proportion qu'on n'eût certes pas espéré il y a seulement deux ou trois ans, et d'autant plus remarquable dans l'espèce, que six moteurs à courant continu ont été fournis par la seule maison Siemens, alors que les moteurs à courants alternatifs appartiennent à de nombreuses Compagnies.

Le but de l'exposition de Gratz, qui est ouverte du 1er au 30 septembre, est moins spécial. En outre des moteurs électriques, on y rencontre des moteurs à vapeur, à pétrole et à gaz, actionnant également diverses machines. Les avantages des moteurs électriques ne peuvent que ressortir avec plus d'évidence de cette comparaison.

En outre, une troisième exposition, à peu près analogue, s'ouvrira très prochainement à Prague.

On voit que, du côté de l'Autriche tout au moins, le vent est assez bon pour les distributions d'énergie électrique.

La *Physical Review* a donné récemment la description d'un pyromètre à compensation électrique dont le principe, très simple, est dû à M. Knut Angstroëm.

Cet appareil consiste essentiellement en deux bandes minces de métal A et B, aussi identiques que possible, noircies toutes deux et dont l'une peut être exposée à la source de chaleur qu'il s'agit d'étudier, alors que l'autre en est protégée par un écran.

Une disposition électrique spéciale permet de déterminer exactement quand les deux bandes ont des températures égales.

Cela posé, on expose la bande A à la source, et pour rétablir l'équilibre, on envoie dans la bande B un courant que l'on augmente jusqu'à l'égalité des températures, et dont il est facile de connaître l'intensité. On conçoit que plus l'intensité qu'il faut faire passer dans B est grande et plus grande aussi est la température de A. Il est même facile d'établir une équation qui permet de calculer les valeurs thermiques en fonction de l'énergie électrique fournie.

Digitized by Google

Les bandes, montées sur un cadre en ébonite, sont en platine; elles sont de plus interchangeables, de manière qu'on puisse faire aisément au besoin la correction nécessitée par de légères dissemblances entre les deux bandes.

La Compagnie des Omnibus vient de procéder, contradictoirement avec les ingénieurs de la Ville, aux essais définitifs de traction par le procédé Mékarski, à l'air comprimé, sur la nouvelle ligne de Saint-Augustin au cours de Vincennes. Il sera permis, à cette occasion, de regretter que la Compagnie des Omnibus continue à éliminer systématiquement la traction électrique, surtout en faveur d'un mode de traction dont les expériences de Nantes et de Vincennes ont laissé un assez fâcheux souvenir, et dont le prix de revient par voiture-kilomètre doit être d'ailleurs assez élevé. Quant à cela, du reste, c'est affaire à elle, mais il est fâcheux que la prévention que l'on montre à Paris contre le système de traction par fil aérien, et contre laquelle nous avons eu déjà l'occasion de protester, puisse être alléguée comme une excuse par la Compagnie des Omnibns dans son indifférence pour le progrès.

A la fin de l'année 189·, M. Sauvage avait appelé l'attention du Conseil de la Société d'encouragement sur l'intérêt considérable qu'il y aurait pour notre industrie à réaliser une entente entre les constructeurs et les industriels, afin d'arriver à unifier et à uniformiser les divers systèmes de vis et d'écrous employés dans la fabrication des machines et dans les constructions mécaniques.

Une Commission se mit à l'œuvre, et dès le commencement de 1893, la Société reçut communication d'un mémoire considérable sur l'unification du filetage, par l'auteur de la proposition, M. Sauvage; d'une note de M. Marre sur l'exécution des vis, décrivant un procédé simple de construction, et sur l'unification des jauges des fils métalliques; et enfin d'un rapport de M. Richard, au nom de la Commission du filetage, concluant à l'adoption des mesures propres à réaliser le projet dû à l'initiative de M. Sauvage.

Un accueil favorable a été fait à ces propositions par les ingénieurs, ces comstructeurs, les Compagnies de chemins de fer et par toutes les grandes administrations. La tenue d'une réunion fut décidée, où les intéressés se mettraient d'accord sur les bases de la réforme à accomplir.

A la suite de cette réunion, la Commission a pu arrêter les termes de son rapport pour fixer les règles à suivre pour le filetage des vis et les jauges des fils métalliques. Voici le résumé de ces règles :

Le *filet* des vis est enroulé à *droite*; il dérive d'un triangle équilatéral dont le côté est égal au *pas*. Ce triangle est tronqué par deux parallèles à la base (côté parallèle à l'axe de la vis), menées au huitième de la hauteur à partir de la base et du sommet. Le *diamètre* de la vis se compte sur l'extérieur du filet tronqué.

Ce profil est une limite géométrique dont le boulon et l'écrou s'approchent plus ou moins, mais sans jamais la franchir.

Les pas varient de demi en demi-millimètre, à partir de 1 millimètre. Les *diamètres principaux* sont ceux de 6, 10, 14, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 56, 64, 72, 80, 88, 96, 106, 116, 126, 136, 148 millimètres, correspondant respectivement aux pas de 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8.5; 9; 9.5; 10; 10,5 millimètres. Ces vis principales peuvent être désignées par les numéros 0, 1, 2,... 19. Les *diamètres intercalaires* sont exprimés par des nombres entiers de millimètres, de préférence *pairs*, et ont le pas du diamètre principal immédiatement inférieur.

Les *règles accessoires* ont trait au diamètre du corps des boulons, qui ne doit dépasser celui de la vis que de 0,5 millimètre au plus pour les diamètres de 6 à 14 millimètres, de 1 millimètre au plus pour ceux de 15 à 48 millimètres; à la *largeur des têtes* de boulon et des *écrous*, qui, pour les diamètres pairs, sont inscrits dans un cercle dont le rayon égale le diamètre de la vis; aux *têtes cóniques*, qui ont sur l'axe de la vis une inclinaison de 9 sur 10 (soit un angle au sommet d'environ 84°); au rayon des *trous de goupille*, égal au pas; enfin aux *ergots* et *encoches*, dont les dimensions doivent être exprimées par des multiples entiers du pas.

Enfin une règle est indiquée pour former des séries de boulons courants, à longueurs graduées, avec les diamètres usuels.

Pour les *fils métalliques*, le diamètre doit être exprimées en *décimes* ou dixièmes de millimètre. Sont exceptés les fils de piano dont les dimensions peuvent être exprimées en centièmes de millimètre.

Ces règles ont reçu l'approbation de nombreux constructeurs, et plusieurs administrations s'occupent déjà du remplacement de leurs anciens

Digitized by Google

filetages pour prendre le nouveau type uniforme.

De son côté, la Commission de la Société d'encouragement étudie par quels moyens elle pourra arriver à la création des prototypes, parfaitement établis, des nouvelles vis.

C'est en France que les femmes ont été employées pour la première fois dans l'administration des postes. La tentative a paru donner d'abord de bons résultats, mais l'utilité de cette réforme est aujourd'hui très discutée.

D'après le *Journal des Transports*, les femmes composent dans le Royaume Uni 25,2 o/o du personnel des postes, les facteurs mis de côté.

En Suisse, elles sont très nombreuses dans le service des postes et téléphones.

En Hollande, huit classes d'emplois seulement dans les postes et télégraphes sont ouvertes aux femmes. Les chemins de fer en occupent 720.

Le nombre des femmes occupées au service des postes en Italie est minime, mais en Espagne elles occupent presque tous les emplois des bureaux téléphoniques, et le gouvernement songe à augmenter leur nombre dans les bureaux télégraphiques.

En Suède, les femmes sont plus nombreuses que les hommes dans le service des télégraphes. En Norvège et au Danemark, elles sont traitées sur le même pied que les hommes et ont les mêmes salaires dans les postes et télégraphes.

Les femmes sont admises à tous les emplois publics en Finlande; elles occupent beaucoup d'emplois en Allemagne, en Autriche, en Roumanie, en Russie et dans les colonies anglaises.

Au Brésil, elles sont admises aux emplois du gouvernement; aux Etats-Unis de Colombie, une classe spéciale de télégraphie a été instituée pour elles; enfin, au Chili, non seulement elles occupent les emplois du service des postes et télégraphes, mais encore elles monopolisent la fonction de conducteur de tramway !

Grâce à un don magnifique de M. Mond, l'Institution royale de Londres va pouvoir ouvrir dans cette ville un nouveau laboratoire de recherches physico-chimiques.

Ce laboratoire sera ouvert à tous ceux — sans distinction de nationalité ni de sexe — qui, dans l'opinion du conseil d'administration, sont à même de poursuivre des recherches originales.

Le Chemin de fer de Bauerberg qui a été inauguré l'été dernier, est un des premiers exemples d'une combinaison de la crémaillère avec un moteur électrique. Suivant une communication à la Société des ingénieurs autrichiens, résumée par la *Revue Universelle*, la longueur de la ligne est de 1630 mètres, et la différence de niveau entre les deux extrémités de 170 mètres, la pente moyenne est donc sensiblement de 10 o/o, mais dans certaines partie il a fallu aller jusqu'à 18,5 o/o.

La voie est double à l'écartement de 1 mètre, les crémaillères sont placées au milieu de chaque voie sur des dés en maçonnerie écartés d'un mètre d'axe en axe. Tous les 40 ou 50 mètres, le dé est solidement ancré sur des pieux enfoncés à refus dans le sol. La crémaillère est faite par tronçons de 3 mètres, la voie par rails de 9 mètres.

Le courant est amené par un câble aérien et retourne à la dynamo par les rails; sa tension est de 500 volts. Les voitures prennent le courant au moyen de deux trolleys montés sur la toiture; elles peuvent loger 28 personnes assises et 6 à 8 debout. Elles portent chacune deux dynamos de 36 chevaux et deux roues dentées pour l'engrènement avec les crémaillères.

Chaque roue est munie d'un frein qui peut être actionné par le conducteur placé sous la caisse de la voiture, et agit toute les fois que la vitesse du véhicule dépasse 3,2 mètres à la seconde. Ceci est obtenu au moyen d'un régulateur à force centrifuge qui met le frein en action aussitôt que l'écartement des boules dépasse la limite correspondant à cette vitesse.

La station génératrice est placée au bas de la montagne et comporte deux dynamos Siemens de 500 volts, actionnées par deux machines à vapeur à condensations pouvant développer 200 à 250 chevaux. La vapeur est fournie par une batterie de trois chaudières dont une sert de réserve.

Les immeubles qui ont substitué aux anciens modes d'éclairage la lumière électrique, jouissent, en fait d'incendies, d'une immunité très appréciable dont témoignent d'une manière éclatante les statistiques publiées un peu de tous les côtés aujourd'hui.

Ne croit-on pas, à ce sujet, qu'il y aurait un véritable intérêt pour notre industrie à remettre au jour une proposition que faisait l'année der-

Digitized by Google

nière au Syndicat des électriciens. M. Clavel, de Dieulefit, proposition qui d'ailleurs était en dehors du champ d'action du Syndicat et qui fut, pour cette raison, écartée de la discussion. Il s'agissait de déterminer un mouvement dont le but serait de forcer les compagnies d'assurances à baisser les primes réclamées pour les locaux éclairés à la lumière électrique.

M Clavel pensait qu'on arriverait assez facilement à ce résultat par la formation d'une Société d'assurances mutuelles, dont les assurés et actionnaires seraient exclusivement recrutés parmi les industriels et particuliers faisant usage de l'électricité.

Quoi qu'il en soit du procédé à employer pour arriver au but, il est certain qu'il y a là avant tout, une question d'équité : la probabilité des accidents dans les locaux éclairés à l'électricité était beaucoup moindre, il est absolument conforme à la logique et aux principes sur lesquels est basé le fonctionnement des compagnies d'assurances de diminuer le taux de la prime — qu'on sait bien l'augmenter, d'ailleurs, lorsque les circonstances s'y prêtent.

Il est certain, et cela pour une double raison, que si on pouvait l'obtenir des compagnies, cette concession serait d'un assez grand poids pour le développement de l'éclairage électrique : Non seulement, en effet, la diminution de la prime demandée serait un nouveau motif de préférence en faveur de l'électricité, mais encore et surtout, on verrait dans ce fait la consécration officielle de la plus grande sécurité de ce mode d'éclairage, dont beaucoup de personnes, à l'heure actuelle, sont encore loin d'être persuadées. Il faut bien se convaincre, en effet, que les allégations intéressées des partisans de l'éclairage au gaz, par exemple, ne sont pas restées sans résultats, et il est très regrettable que ces intéressés puissent encore arguer contre un des avantages les plus précieux de l'électricité, de l'uniformité — actuelle — des tarifs d'assurance.

La colonie du Cap, une des plus florissantes de toutes les possessions de la Grande-Bretagne, réserve une large place à l'industrie électrique. Déjà sa capitale, Capetown, a mis l'éclairage électrique municipal à l'étude ; d'autres villes vont suivre cet exemple. En attendant, de nombreuses installations privées surgissent. On cite les bureaux de l'Eastern Cable Company éclairés par 250 lampes, les bains publics de Durban avec 70 lampes, l'éclairage électrique des trains de certaines lignes, etc. Enfin, MM. Woodhouse et Rawson exploitent à Durban une station centrale de 225 chevaux pour l'éclairage des rues d'un secteur qui lui a été concédé. Une nouvelle usine sera installée prochainement.

Les Etats-Unis, malgré leurs nombreuses et puissantes compagnies d'électricité, paraissent offrir à l'industrie électrique européenne un débouché important, que plusieurs maisons allemandes viennent d'aborder avec succès.

C'est la maison Siemens et Halske qui a ouvert la voie en créant une succursale importante de l'autre côté de l'Atlantique. L'Allgemeine Elektrizitæts Gesellschaft n'a pas tardé à suivre cet exemple ; la maison Hartmann et Braun, avec ses appareils de mesure, la Compagnie des accumulateurs de Hagen, et la Société Hélios commencent à écouler leurs produits en Amérique.

En France, il faut constater que nous payons encore un large tribut, sinon aux produits, du moins aux inventeurs étrangers. Nos grandes écoles produisent des mécaniciens et des constructeurs ; mais pour être à même de faire profiter la pratique des enseignements de la science électrique, il est essentiel d'être bon physicien. C'est ce qu'à l'encontre de nos concurrents à l'étranger, nos industriels ne reconnaissent généralement pas : le travail de manœuvre du praticien est, en général, mieux rémunéré que le travail cérébral du véritable électricien dont on attend d'incessants perfectionnements.

Parmi nos grandes maisons de construction, il en est heureusement quelques-unes qui, cherchant à s'affranchir de l'avance prise par leurs concurrents à l'étranger, ont donné leur service électrique à des ingénieurs physiciens capables de créer un matériel perfectionné et qui pourra rivaliser, espérons-le, avec les meilleures machines anglaises ou allemandes. D'importants marchés pourront alors, si ces espérances se réalisent, s'ouvrir à notre exportation.

Le Gérant : L. DENNERY.

Imprimerie ALCAN-LÉVY, 24, rue Chauchat, Paris

Digitized by Google

1re Année Samedi 29 Septembre 1894. N° 3

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITÉ

24, RUE CHAUCHAT, PARIS

Directeur P. H. LEDEBOER, Docteur ès-sciences

SOMMAIRE. — Application de la traction électrique dans les égouts de Paris, E.-J. Brunswich. — Du pouvoir éclairant des projecteurs de lumière électrique, W. Tchikoleff et W. Turin. — L'électricité à l'Exposition de Lyon, Ch. Jacquin. — Sur la propagation des perturbations électriques et magnétiques, J. Blondin. — Extrait de la presse industrielle, communications. — Détermination du rendement de moteurs et de dynamos, sans emploi de frein dynamométrique, par C. Lenz. — Solution graphique de quelques problèmes pratiques relatifs aux dynamos à courant continu, par J. Fischer-Hinnen. — Revue des Sociétés savantes et des publications scientifiques. — Pile Hervett-Ligne flottante pour la propulsion électrique des bateaux. — Sur la relation entre le courant photoélectrique et la position du plan du polarisateur de la lumière par I. Elster. — Conséquence de la théorie de Maxmell relativement au mouvement de l'éther pur, par H. von Helmholtz. — Bibliographie. — Chronique.

APPLICATION
DE LA TRACTION ELECTRIQUE
DANS LES ÉGOUTS DE PARIS

Si nous sommes absolument convaincus que le seul mode de traction électrique admissible, en général, est celui avec station centrale et trolleys, nous devons reconnaître qu'en certains cas particuliers l'emploi des accumulateurs peut être rationnel.

Il faut alors être en présence d'un fonctionnement temporaire et, en outre, très limité.

Ce sont précisément les conditions qui se présentent pour le transport des voyageurs admis à visiter les égouts de Paris.

On sait que ces excursions ont lieu le mercredi, de quinze en quinze jours, pendant l'été seulement. Tout étranger de passage à Paris croirait manquer au devoir le plus élémentaire envers le Baedeker en négligeant cette promenade souterraine et inodore. Du reste, l'Administration sait fort bien recevoir ses hôtes et a luxueusement aménagé les pavillons d'embarquement, les voitures et presque l'éclairage.

D'après cet aperçu les frais ne doivent pas manquer d'être assez élevés et faut-il encore y ajouter les salaires d'un personnel nombreux.

En effet, jusqu'ici, chaque wagonnet était poussé par quatre hommes; un agent des Ponts et Chaussées fournissait les explications nécessaires.

Outre la question d'argent, le service des égoutiers préposés à la traction était des plus pénible pour remorquer le wagonnet chargé de douze personnes à une vitesse permettant d'effectuer trois aller et retour par séance.

On comprend donc tout l'avantage que le service de l'assainissement, chargé de l'organisation de ces promenades souterraines, pouvait rencontrer dans l'emploi de la traction électrique.

L'application de cette idée était facilitée par la proximité de l'usine des Halles qui fournissait déjà le courant à quelques foyers électriques installés dans les égouts.

Il n'eût pas été pratique de construire avec frais une canalisation électrique, les égouts étant déjà grandement encombrés et d'employer un locomoteur à trolley pour un service aussi temporaire que celui que nous considérons.

L'emploi des accumulateurs était ici beaucoup plus logique.

La maison Breguet fût chargée au commencement de 1894 de construire le locomoteur et le matériel d'appareillage nécessaire en

Digitized by Google

s'inspirant du programme tracé par le service de l'assainissement :

Réaliser une machine rustique, de manœuvre simple, pouvant remorquer 2 ou 3 wagonnets chargés chacun de 12 voyageurs.

Nous indiquerons sommairement les dispositions générales de la partie des égouts parcourue par le train.

Une partie des grands égouts et un tronçon du grand collecteur sont seuls visités, du Châtelet à la Madeleine, en suivant la rue de Rivoli et la rue Royale.

Deux groupes de visiteurs, l'un descendant à la Madeleine, l'autre au Châtelet vont en sens inverse et se croisent à la place de la Concorde où ils changent de véhicule entre eux.

Nous suivrons le groupe partant du Châtelet près de la fontaine.

La première section du parcours va du Châtelet à la rue de Rivoli, 180 m. environ. Cette galerie a 5,20 m. de large sur 5,20 m. de hauteur avec cunette au milieu au-dessus de laquelle roulent les wagonnets.

La deuxième section suit la rue de Rivoli jusqu'à la Concorde sur une longueur de 2,130 km. ; largeur de la galerie, 2,50 m. ; hauteur, 3 m. environ sous clé. En ce point l'égout rejoint le grand collecteur et les voyageurs sont transbordés sur des bateaux à fond plat qui suivent le grand collecteur jusqu'à la place de la Madeleine où le débarquement a lieu. Ce dernier parcours est de 400 m. environ.

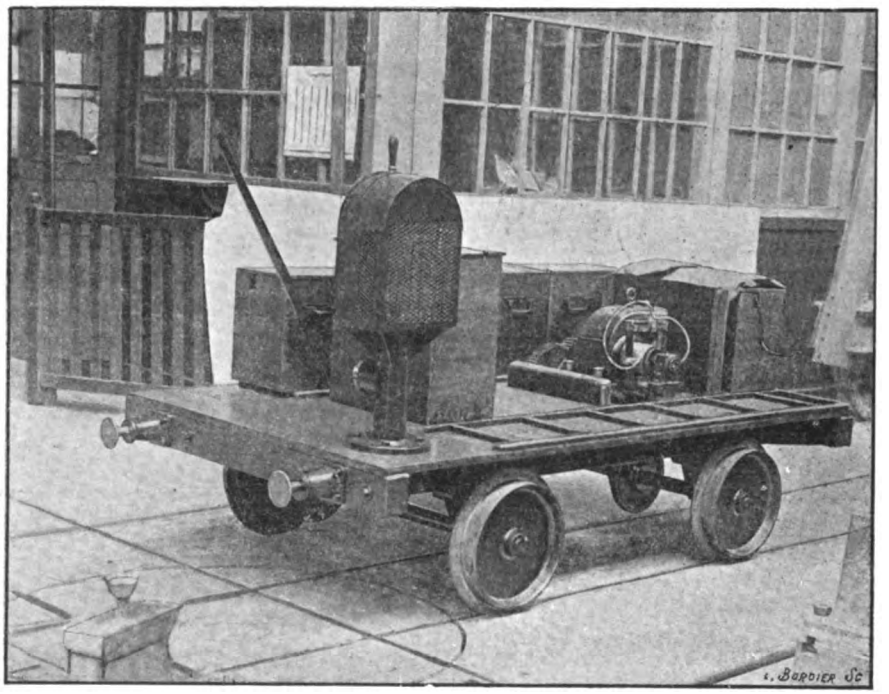


Fig. 1. — Ensemble du locomoteur (une partie des caisses d'accumulateurs a été enlevée pour montrer la disposition des appareils sur le châssis).

Les dimensions de ce tronçon du collecteur sont : largeur, 5,40 m. ; hauteur, 4,80 m.

Le trajet total est de 2,700 km. environ.

Les voyageurs descendus du train à la Concorde sont remplacés par ceux venant de la Madeleine ; ces derniers quitteront les wagonnets au Châtelet.

Le locomoteur se compose d'un simple châssis supportant le moteur électrique et les caisses d'accumulateurs.

L'essieu est actionné par chaîne Galle avec double réduction de vitesse.

Digitized by Google

La figure 1 reproduit l'ensemble ; les figures 2, 3, 4, donnent le détail du truck avec le moteur.

La voie étant très régulière, on n'a pas cru nécessaire de compliquer les appareils, et le châssis est simplement posé sur les essieux sans interposition de ressorts.

D'autre part, comme il n'y a presque pas de courbes, on n'a pas cru non plus devoir adopter de dispositif différentiel pour le montage des roues sur les essieux. Cette disposition exige nécessairement une puissance un peu plus grande pour le roulement en courbe, use un peu plus les bandages, mais rien ne s'oppose à réduire la vitesse au moment convenable. Enfin, il s'agissait d'établir à peu de frais ce matériel et la dépense eut été trop grande sans répondre absolument aux besoins.

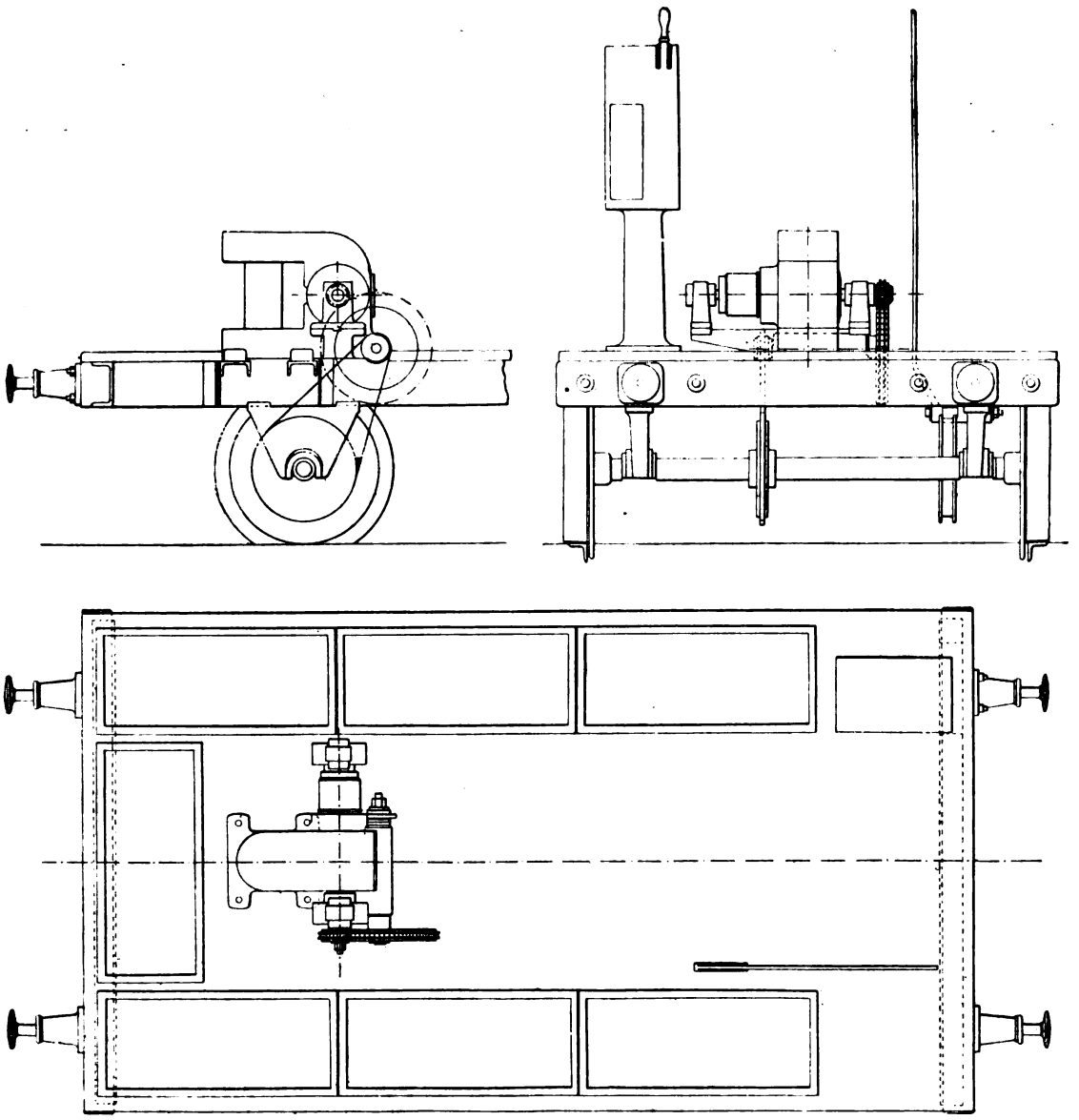


Fig. 2, 3, 4. — Disposition du truck avec le moteur et les appareils de manœuvre (vue de face, en bout et en plan).

Les figures 5, 6, 7 donnent les détails du montage de la plaque de garde et des essieux. On voit que la moitié supérieure seulement

Digitized by Google

des coussinets a été conservée ; en effet, elle est seule soumise à l'usure. La suppression des demi-coussinets inférieurs permet un démontage facile et une surveillance de tous les instants, si besoin est. Le graissage est fait à l'huile au moyen de graisseurs à mèche ; l'huile ayant servi au graissage s'écoule directement à l'égout. Les coussinets sont maintenus en place au moyen d'une vis d'arrêt.

Les frotteurs sont des blocs de charbon empâtés dans une châpe en cuivre ; celle-ci est emmanchée dans une pince fixée sur une lame en bois très flexible. Les deux extrémités de la lame sont assujetties dans des griffes métalliques.

La griffe inférieure peut pivoter autour d'un axe fixé au bâti tandis que les griffes supérieures sont réunies au moyen d'écrous par

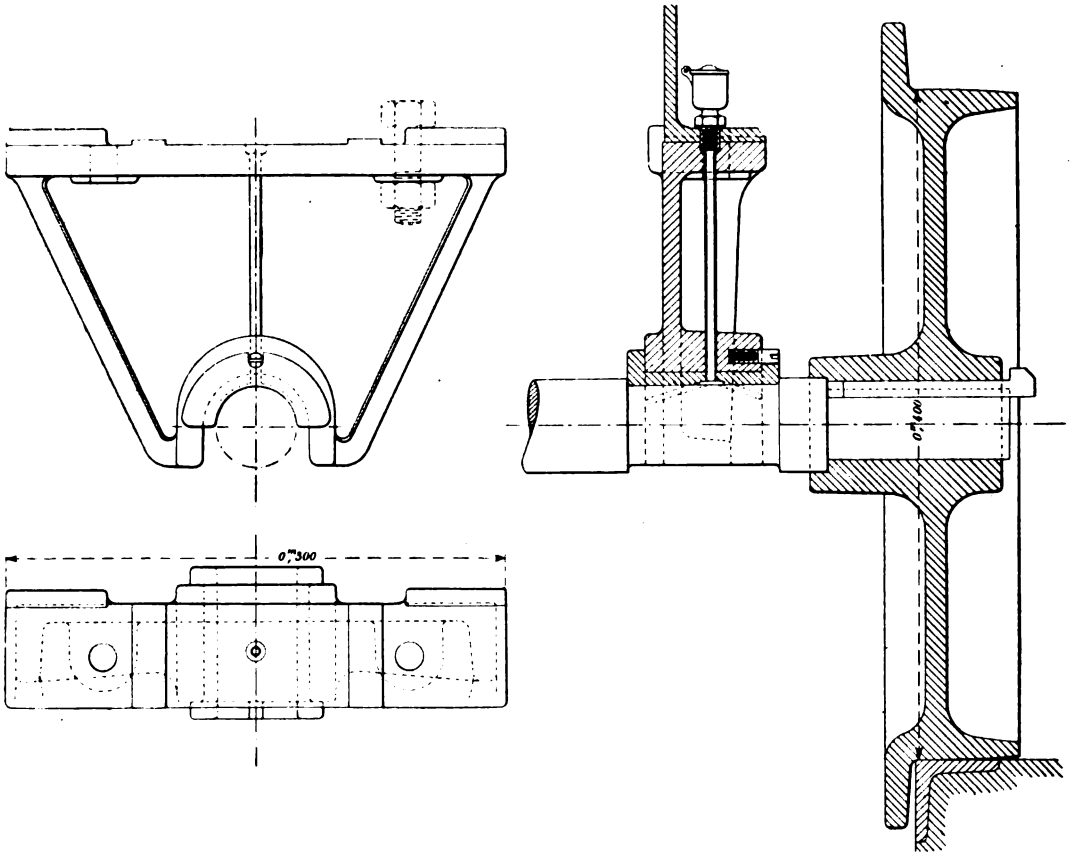


Fig. 5, 6, 7. — Détails du montage de la plaque de garde et des essieux.

Le moteur est placé dans l'axe du truck et l'arbre de l'induit est parallèle aux essieux ; le bâti est boulonné directement sur le châssis sans intermédiaires élastiques.

L'enroulement est fait en série comme dans tous les moteurs pour traction. Le bâti du moteur est en fonte en forme de C.

L'induit est un anneau Gramme.

Le calage des balais est fixe quel que soit le sens de rotation du moteur.

une tige filetée à ses deux extrémités. Les pas des taraudages des extrémités de la tige sont de sens inverse, de sorte qu'un mouvement de rotation de la tige rappelle les lames-support de balais l'une vers l'autre ; on peut donc serrer à volonté les balais sur le collecteur.

Pour que la tige n'ait qu'un mouvement de rotation et ne puisse se déplacer longitudinalement, elle est maintenue par un collet qui passe dans une fourchette fixée au bâti.

Digitized by Google

La figure 8 donne le schéma de cette disposition.

Le moteur en régime normal peut supporter 30 A sous 60 V et tourne à la vitesse de 1600 tours par minute environ.

Il développe facilement dans ces conditions la puissance nécessaire au remorquage de 5 wagonnets chargés avec une vitesse de 6 km. à l'heure.

Au début, ignorant le coefficient de traction exact sur la voie des égouts on ne comptait remorquer que 2 voitures, 3 au plus ; on voit donc que cette fois les prévisions administratives ont été heureusement dépassées.

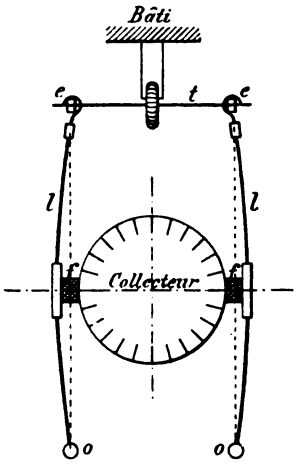


Fig. 8. — Schéma du porte-balais (*t*. tige filetée pour le rappel ; *e*, écrous de rappel ; *f*, frotteurs en charbon ; *o*, tourillons des lames porte-balais).

L'entraînement, avons-nous dit, se fait par double renvoi de chaînes Galle attaquant un seul essieu. Primitivement, comme on peut le voir, figure 1, l'un des renvois était muni d'engrenages droits ordinaires, mais la sonorité des égouts, en renforçant considérablement le bruit, a dû faire renoncer à ce mode de commande.

Le pignon de l'induit a 14 dents et la roue commandée en a 72 ; le 2e pignon a 15 dents et la roue calée sur l'essieu en porte 53.

Les deux chaînes Galle donnent aujourd'hui un bon roulement.

L'arbre intermédiaire est supporté par le bâti même du moteur.

Sur le second essieu est monté un frein commandé par un levier à portée du conducteur.

Les accumulateurs fournis par la Société du Travail Electrique des Métaux sont répartis en 7 caisses calées sur la plate-forme en bois du truck ; l'emplacement des bacs est indiqué par le schéma figure 9.

Deux de ces caisses servent au besoin de siège pour le conducteur.

Chaque caisse en bois munie d'un couvercle renferme 4 éléments de chacun 11 plaques

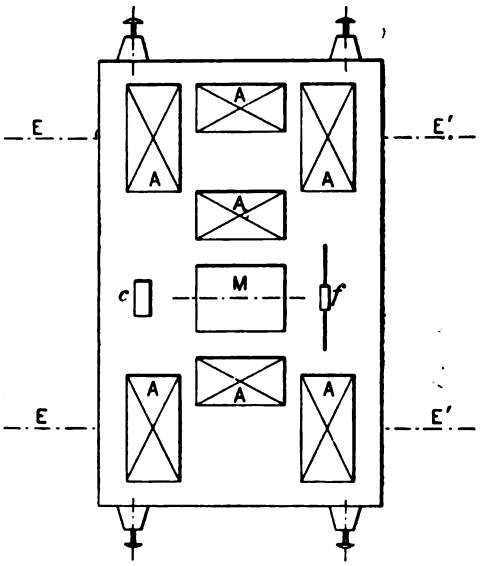


Fig. 9. — Disposition des bacs d'accumulateurs sur la plate-forme (A, accumulateurs ; *c*, commutateur ; *f*, frein ; M, moteur ; EE', essieux).

200 × 200 pouvant débiter normalement 36 ampères pendant 4 heures.

Tous les éléments sont en tension et les plaques composant chaque élément sont groupées en quantité.

Entre chaque plaque est serrée une cloison en amiante. Une couche d'huile recouvre le liquide ; enfin les bacs en ébonite qui contiennent les éléments ont une hauteur telle que tout débordement du liquide peut être évité en cas de trépidations.

L'accès de la plateforme n'est possible que latéralement. Cette disposition est nécessitée par la présence de la cunette qui occupe le milieu de la voie.

Digitized by Google

La répartition des boîtes est faite pour reporter la plus grande partie du poids sur l'essieu moteur.

La figure 10 donne la disposition générale des circuits, d'ailleurs très simple.

Les différentes vitesses sont obtenues par l'emploi d'un nombre variable d'accumulateurs, soit :

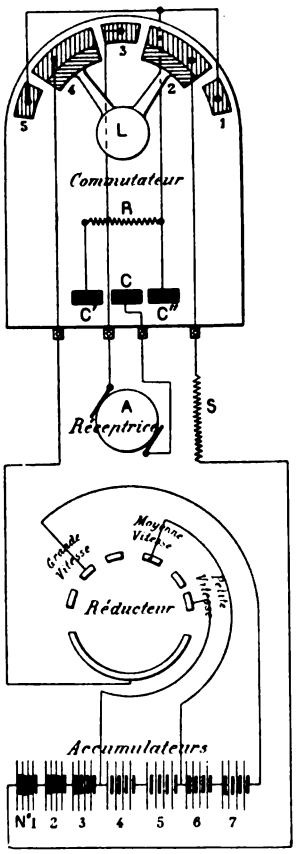


Fig. 10. — Schema des circuits (L, levier de manœuvre; R, rhéostat; C, C', C'', bloc de charbon supportant les étincelles lors de la commutation; A, induit; S, inducteur).

3 bacs en circuit pour la petite vitesse ;
5 — — moyenne ;
7 — — grande.

En outre, le rhéostat intercalé dans le circuit permet d'avoir deux degrés de vitesse pour chacun des couplages précédents.

Le couplage des bacs doit se faire avant la fermeture du circuit afin d'éviter les étincelles au réducteur qui n'est qu'un commutateur à plusieurs touches très ordinaire.

Pour la mise en marche, l'arrêt ou le changement de marche, on se sert du commutateur principal qui est placé sur une colonne en fonte à côté du conducteur.

Ce commutateur est disposé pour rendre amovibles les plots sur lesquels se produisent les étincelles.

En outre, ces plots étant constitués par des blocs de charbon ne sont pas mis hors d'état de service par les étincelles. Le réglage de ces plots C C' C'' est très facile. C est fixe ; C' et C'' sont assujettis par un système de cames non représenté, à se mouvoir en même temps que le levier de manœuvre L. Un ressort antagoniste rappelle constamment le levier L et les contacts C' et C''.

Pour éviter tout échauffement, les contacts en charbon sont shuntés par des contacts métalliques qui ne se ferment qu'après la mise en contact des charbons; ceux-ci supportent seuls les étincelles.

Au commencement de la manœuvre de l'interrupteur, par exemple, vers la droite, pour la fermeture du circuit, le courant suit le chemin : 2, 1, C'', R, C', C, induit, 3, 4, réducteur. En poussant à fond le levier, le rhéostat est mis en court circuit.

Le système de cames présente des crans qui permettent de laisser au besoin le levier en position, le rhéostat étant intercalé ou mis en court circuit.

Le commutateur est monté sur un socle en ardoise derrière lequel est une ossature métallique supportant le rhéostat.

Pour la rupture du circuit, la même manœuvre a lieu en sens inverse.

Si les manœuvres d'appareils sont élémentaires, la constitution du train est un peu moins simple par suite du manque d'emplacement.

Nous allons voir comment se forme le train.

Le convoi, comprenant la locomotive et 5 voitures, est formé au Châtelet et emporte ses voyageurs jusqu'à la plaque tournante de la

Digitized by Google

rue de Rivoli, où la locomotive fait d'abord seule un demi à gauche. Les wagonnets, effectuent successivement la même manœuvre puis sont raccrochés à la locomotive et le train file jusqu'à la Place de la Concorde, où il cède ses voyageurs aux bateaux qui remontent le grand collecteur.

Pour préparer le train au voyage de retour, la locomotive est amenée dans une niche munie d'une plaque tournante et située perpendiculairement à la voie principale; les wagonnets sont refoulés au delà de la niche et la locomotive reprend sa place à l'avant.

La durée du trajet est de 15 minutes à l'aller et de 18 minutes au retour; la pente est de 2 cm. par mètre et les courbes ont 50 m. de rayon.

Le courant absorbé par le moteur est de ;

25 A en palier
32 à 33 A en courbe } à la descente.

28 A en palier
38 A en courbe } en remontant.

Le passage en courbe est de quelques instants seulement et le moteur peut facilement développer la puissance supplémentaire nécessaire.

La charge des accumulateurs se fait au Châtelet sur le réseau municipal.

A ce moment un tableau (schéma fig. 11), portant les appareils strictement nécessaires, est placé sur le truck de la locomotive.

On remarquera qu'on est obligé d'intercaler un rhéostat sur le circuit de charge pour absorber une partie de la force électro-motrice. Cette condition onéreuse disparaîtra prochainement lorsque le service disposera de 2 voitures dont les batteries pourront être chargées en tension.

Pour compléter ce compte rendu, il nous reste un mot à dire de l'éclairage.

A l'embarcadère du Châtelet, l'éclairage est assuré par des lampes à pétrole disposées à la voûte de chaque côté et jusqu'à la première courbe.

Deux lampes à arc placées dans les galeries latérales servant de remises pour les wagonnets complètent l'éclairage au point de départ.

La section Rivoli ne comporte aucun éclairage particulier.

Deux lampes avec réflecteur projetant la lumière à l'opposé des wagonnets éclairent une des principales galeries transversales.

Sur le parcours de la section Rivoli, deux vannes sont signalées par des fanaux rouges.

La section du grand collecteur est éclairée à droite et à gauche de la galerie Rivoli par des groupes de 3 lampes à incandescence fixées au plafond.

La direction de la Madeleine est indiquée par une lampe à arc avec réflecteur.

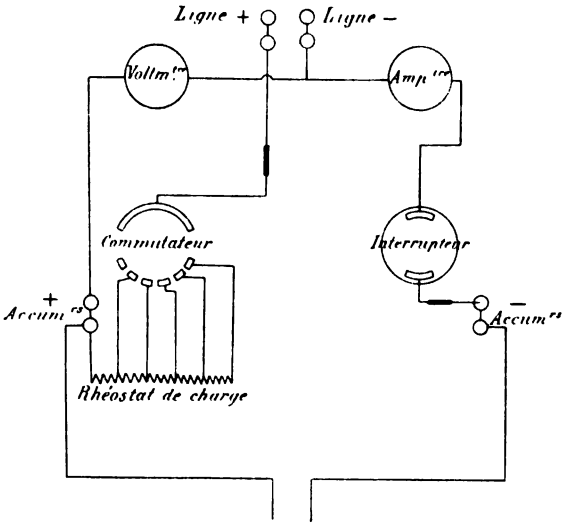


Fig. 11 — Schéma du tableau de charge.

Dans le prolongement de la galerie Rivoli, une autre lampe à arc éclaire la voie de manœuvre et le garage.

Enfin, pour ne pas imposer aux excursionnistes une obscurité relative assez fatigante, chaque wagonnet, dont la figure 12 montre la construction, est muni de fortes lampes à modérateur placées 2 à l'avant, 2 à l'arrière.

En somme, l'éclairage est grandement suffisant pour permettre d'observer les détails d'agencement et de construction des égouts.

Les essais officiels de la traction électrique

Digitized by Google

ont eu lieu récemment et ont donné toute satisfaction.

Nous espérons que les bons résultats obtenus se maintiendront en pratique.

Revenant sur ce que nous disions au début, nous pensons que l'application actuelle est un des rares cas où la traction électrique avec accumulateurs soit acceptable.

Peut-être cet essai dans les dessous de Paris engagera-t-il l'Administration supérieure à encourager plus vivement un mode de traction à la surface que nous sommes encore réduits à

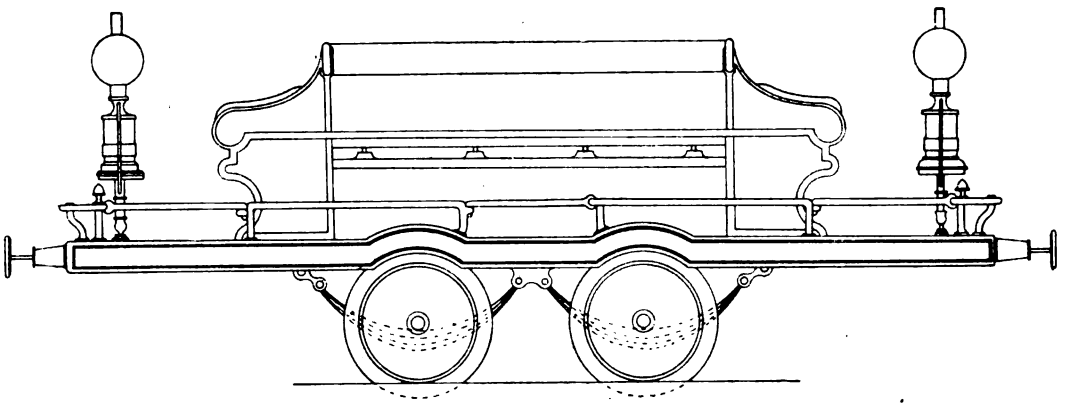


Fig 12. — Wagonnet pour le transport des voyageurs.

envier aux étrangers : les tramways avec canalisations aériennes — ce serait un clou utile pour 1900. E.-J. BRUNSWICK.

DU POUVOIR ÉCLAIRANT

DES PROJECTEURS DE LUMIÈRE ÉLECTRIQUE (1)

Il serait facile à démontrer que

$$\frac{2\,lr\,\sin\alpha}{r^2-(l\cos\alpha)^2} < \frac{2\,l}{r}\,;$$

nous ne nous y arrêterons pas.

Le centre de notre ellipse — appelons-le g, — doit se trouver au milieu de $\overline{c''\,d''}$ (comme nous l'avons dit plus haut) ; par suite, sa distance au point F'' sera :

$$\frac{\overline{c''d''}}{2} - \overline{c''F''} =$$

$$= \frac{Drl\sin\alpha}{r^2-(l\cos\alpha)^2} - \frac{Dl\sin\alpha}{r-l\cos\alpha} =$$

$$= -\frac{1}{r^2-(l\cos\alpha}\left[Drl\sin\alpha - Dl\sin\alpha\,(r+l\cos\alpha)\right] =$$

$$= -\frac{Dl^2\sin\alpha\cos\alpha}{r^2-(l\cos\alpha)^2}.$$

Le signe — montre que l'ellipse est plus pres de c'' que de F'', comme dela d oit l'être nécessairement, puisque

$$\overline{c''F''} > \overline{d''F''}.$$

Maintenant, dans notre ellipse, nous connaissons la longueur du petit axe — appelons-le comme d'habitude $2b$ — qui est égale à $c''\,d'' =$

$$= \frac{2lr\sin\alpha}{r^2-(l\cos\alpha)^2}D,$$

d'où :

$$b = \frac{lr\sin\alpha}{r^2-(l\cos\alpha)^2}\,D,$$

et nous connaissons la longueur de la corde passant par F'' et perpendiculaire au petit axe; par suite de cette perpendicularité sa distance au centre $g = gF''$ et par conséquent :

$$= \frac{l^2\sin\alpha\cos\alpha\,D}{r^2-(l\cos\alpha)^2} \text{ (voir plus haut).}$$

Cette corde, comme nous l'avons vu, est égale à $\frac{2\,l}{r}\,D$.

Ces données nous permettront de trouver le grand axe de l'ellipse $2\,a$; en effet, l'équa-

(1) Voir l'*Eclairage Électrique* du 22 septembre 1894, p. 63.

Digitized by Google

tion de l'ellipse *rapportée au centre et à ses axes* est :

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1 ;$$

d'où

$$a^2=\alpha^2\frac{b^2}{b^2-y^2} ;$$

remplaçons dans cette dernière égalité b par sa valeur :

$$\frac{lr\sin\alpha}{r^2-l^2\cos^2\alpha}.\,D ;$$

et y par :

gF'', c'est-à-dire par $\frac{l^2\sin\alpha\cos\alpha}{r^2-l^2\cos^2\alpha}.\,D$

et enfin α par : $\frac{l.\,D}{r}$,

alors, après réduction, cette égalité devient :

$$a^2=\frac{l^2}{r^2-l^2\cos^2\alpha}.\,D^2,$$

d'où

$$a=\frac{lD}{\sqrt{r^2-l^2\cos^2\alpha}}$$

Ainsi, nous connaissons déjà les deux axes de notre ellipse, et, par conséquent, ses dimensions et sa forme sont complètement déterminées.

Examinons maintenant suivant quel angle de vision nous verrons la distance entre le centre g de notre ellipse et le point où *l'axe du réflecteur* traverse l'écran soit à ce point, cette distance du centre g à Q, c'est-à-dire Qg est égale — par sa valeur absolue — à $\overline{QF''}-\overline{gF''}$.

L'angle de vision, suivant lequel l'observateur placé auprès du réflecteur voit la longueur $\overline{gF''t}$, que nous avons trouvé plus haut, es arctang $\frac{gF''}{D}$, c'est-à-dire

$$\frac{\text{arctang}\left(\frac{l\sin\alpha\cos\alpha}{r^2-(l\cos\alpha)^2}.\,D\right)}{D},$$

ou

$$\text{arctang}\,\frac{l^2\sin\alpha\cos\alpha}{r^2-(l\cos\alpha)^2},$$

ou encore

$$\text{aactang}\,1/2\,\frac{l^2\sin 2\alpha}{r^2-(l\cos\alpha)^2}$$

Même en augmentant cette expression par l'introduction de l'unité à la place de $\sin 2\alpha$ et et de $\cos\alpha$, c'est-à-dire en considérant l'expression :

$$\frac{1}{2}.\frac{l^2}{r^2-l^2},$$

nous verrons que pour les réflecteurs ordinaires elle est très petite ; par exemple, pour le réflecteur de 300 mm. de distance focale, que nous aurons à analyser dans la suite, le plus petit r dépasse toujours 300 mm., par ce que, comme nous l'avons indiqué plus haut, la partie avoisinant le sommet n'entre pas en ligne de compte. En introduisant même cette valeur de 300 mm. dans la dernière expression. nous verrons qu'elle prendra la forme :

$$\frac{1}{2}.\frac{8^2}{300^2-8^2}$$

ce qui donnera pour l'angle de vision correspondent moins de 1 minute 1/4.

Et si nous analysons l'expression

$$\frac{1}{2}.\frac{l^2\sin 2\alpha}{r^2-l^2\cos^2\alpha}$$

par les procédés du calcul différentiel et que nous trouvions son maximum, en la présentant d'abord sous la forme

$$\frac{1}{2}.\frac{l^2\sin 2v}{r^2-l^2\sin^2 v}\ (^1)$$

et en introduisant à la place de r l'expression :

$$r=\frac{q}{2\cos^2\frac{v}{2}}\ (^2)$$

où q est l'ordonnée, correspondant au foyer,

(1) $v+\alpha=90°$ (v. plus haut) par conséquent, $\cos\alpha=\sin v$, et $\sin 2\alpha=\sin 2v$.

(2) Ordinairement, on a la formule :

$$r=\frac{q}{2\sin^2\frac{v}{2}}$$

mais cela parce qu'on regarde comme *positive* la direction *du sommet vers le foyer*, de sorte que dans ce cas v correspond à $180°-v$ de notre notation, et par suite, $\frac{v}{2}$ correspond à $90°-\frac{v}{2}$. Rappelons que par v nous désignons l'angle que forme le rayon vecteur r avec la direction positive de l'axe de la parabole.

Digitized by Google

et égale au double de la distance focale de la parabole donnée, nous verrons que ce maximum *est encore beaucoup moindre*.

Quant à la distance $F''Q$ (fig. 12), c'est-à-dire à la distance entre les points où deux droites parallèles, l'axe du réflecteur et l'axe de notre cône oblique traversent l'écran dont le plan leur est perpendiculaire, elle est égale à la distance entre ces axes, et par conséquent à l'ordonnée — appelons-la y — du point o ; or, nous avons admis que toutes les dimensions du réflecteur sont négligeables par rapport à la distance D, donc l'angle de vision suivant lequel on voit cette distance $F''Q$, et dont la

C'est-à-dire que nous avons à résoudre le problème suivant :

Nous avons une ellipse dont les demi-axes sont a et b, et un cercle de rayon p, dont le centre coïncide avec celui de l'ellipse ; quelle est la partie M de l'aire de l'ellipse qui se trouvera en dedans de ce cercle ?

Si $p < b$ ce cercle se trouvera évidemment tout à fait dans l'ellipse (il ne coupera nulle part l'ellipse) et alors M = au rapport de l'aire du cercle à celle de l'ellipse, c'est-à-dire qu'il est égal à $\frac{\pi p^2}{\pi ab} = \frac{p^2}{ab}$.

Si $p > a$, toute l'ellipse se trouvera en de-

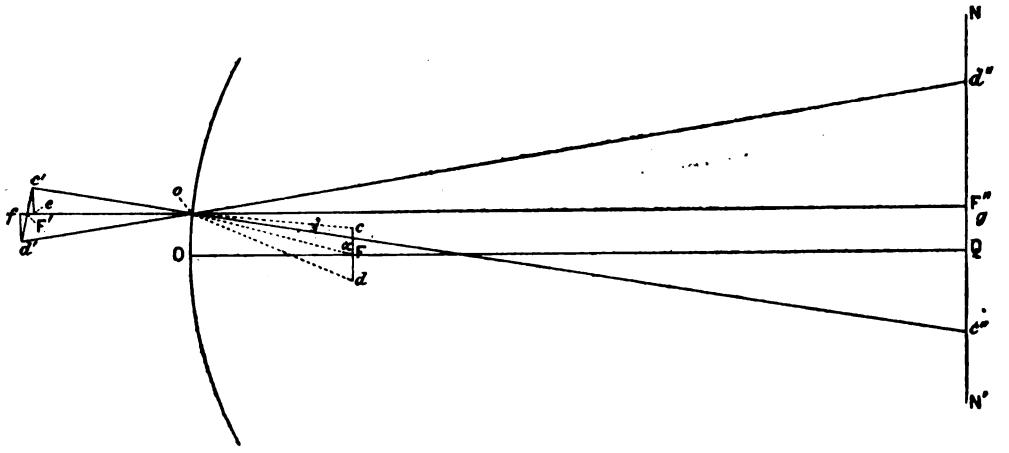


Fig. 12.

tangente $= \frac{\overline{FQ}}{D} = \frac{y}{D}$ est aussi tellement petit qu'il peut être négligé.

Quant à l'angle de vision suivant lequel on voit la distance $\overline{gQ}$, il est égal à la différence de ces deux angles de grandeur négligeable ($F''OQ - F''Og$), de sorte que par sa valeur absolue il est dans tous les cas moindre que le plus grand de ces deux angles. Nous avons par conséquent le droit de négliger la distance $\overline{gQ}$ et de considérer *le centre g de l'ellipse comme coïncidant avec le point* Q.

Poursuivons notre analyse : cherchons les parties M_1, M_2... de l'aire de notre ellipse qui se trouveront dans les cercles des rayons p_1, p_2, p_3...

dans du cercle, et alors M = 1.

Mais si, au contraire, $b < p < a$, alors le problème est beaucoup plus compliqué, v. fig. 13.

Dans ce cas, la partie de l'ellipse, qui se trouve dans le cercle, égale quatre fois l'aire ABDC (1), et, par conséquent, M — le rapport de cette aire ABDC au quart de l'ellipse, c'est-à-dire $= \frac{1}{4} \pi ab$.

On pourrait trouver ces rapports par les méthodes du calcul intégral, mais les opérations auxquelles on devrait avoir recours sont trop longues et trop compliquées, il serait préférable de construire un dessin et de déterminer sur celui-ci les rapports cherchés au moyen

(1) Il va sans dire que ces lettres n'ont pas ici la même signification que plus haut.

Digitized by Google

des planimètres, ou bien de découper ces aires et de déterminer leurs rapports en les pesant sur des balances de précision.

Pour rendre plus explicite tout ce qui précède, comparons effectivement deux réflecteurs des dimensions suivantes :

Le premier — que nous appellerons I — a une distance focale = 300 mm., et son diamètre *d'ouverture* = 900 mn.

Le second — appelons-le II — a une distance focale de 400 mm. et son diamètre *d'ouverture* = 1000 mm.

Trouvons d'abord pour I «l'angle limite» H formé par [la direction positive] de l'axe du réflecteur avec le rayon vecteur mené à un point extrême quelconque de la circonférence de l'ouverture.

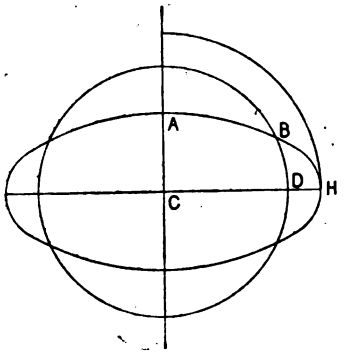


Fig. 13.

Comme on le voit sur la figure 14, qui représente une coups de notre réflecteur par un plan quelconque passant par son axe, l'angle BFA (où B est le point d'intersection de la circonférence d'ouverture avec le plan de la coupe F — le foyer, A — le sommet) qui nous intéresse, est arctang $\frac{\overline{BC}}{\overline{FC}}$ où C est le pied de la perpendiculaire baissée de B sur l'axe ; par suite, BC est l'ordonnee — y — du point B, qui est égale au rayon de la circonférence *d'ouverture*, ou, plus brièvement, égale au rayon de la base, laquelle, dans notre cas, est égale à 450 mm. ; $\overline{FC} = \overline{AF} - \overline{AC}$ où AC est l'abcisse — que nous désignerons par x — du point B, et $\overline{AF}$ est la distance focale de la parabole — que nous représentons par $\frac{q}{2}$ (1).

Il résulte de là que $H = \text{arctang} \frac{y}{\frac{q}{2} - x}$

L'équation de la parabole, rapportée à son sommet et à ses axes, est comme on sait : $y^2 = 2qx$, d'où

$$x = \frac{y^2}{2q}$$

or, pour I, $y = 450$, $\frac{q}{2} = 300$, de sorte que $2q = 1200$; trouvant par là x et en le soustrayant de $\frac{q}{2}$, c'est-à-dire de 300, nous trouvons, d'après la formule :

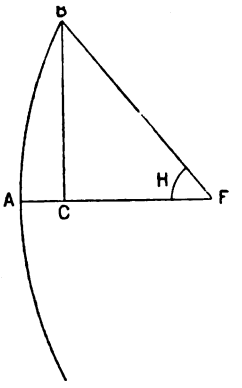


Fig. 14.

$$\text{tang } H = \frac{y}{\frac{q}{2} - x}$$

que — pour I — H est égal : 73° 44′ 24″.

De sorte que la dernière zône parabolique de notre réflecteur I, suivant notre terminologie, est : [65° — 73° 44′ 24″] et sa «zône élémentaire médiane» est : [(69° 22′ 12″ — δ) — (69° 22′ 12″ + δ)]

(1) Parlant de l'ordonnée et de l'abcisse, nous supposons maintenant que l'origine des coordonnées est au sommet de la parabole (c'est-à-dire en A) et que l'axe des x coïncide avec l'axe de la parabole, *suivant la direction de A vers F.*

Digitized by Google

ou

$$69°\,22'\,12'' = \frac{65° + 73°\,44'\,24''}{2}$$

et α est une fraction infinitisimale du degré (voir plus haut).

En procédant de la même façon, nous trouverions que pour le réflecteur II, H = 64°0'42''; sa plus grande zône est : [55° — 64°0'42''] et sa zône médiane :

$$[(59°30'21'' - \delta) - (59°30'21'' + \delta)].$$ (1)

De sorte que les angles v que l'axe forme avec le rayon vecteur mené à un point quelconque de ladite «zône élémentaire médiane» sont dans ce cas, pour I :

$$v = 69°22'12'';$$

pour II :

$$v = 59°30'21''.$$

Les aires P_{10}, P_{20},... des zônes sphériques

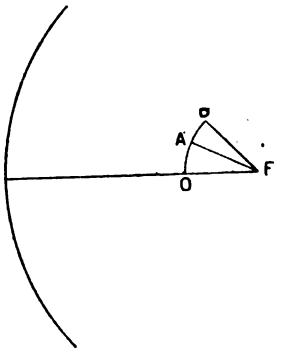


Fig. 15.

dont nous avons parlé plus haut, nous les trouverons de la manière suivante : on sait que, si l'arc de cercle OA = m (fig. 15), l'arc OB = n et le rayon $\overline{FO} = \overline{FA} = \overline{FB}$ = 1 mètre, l'aire de la zône sphérique, engendrée au moment de la rotation de toute notre figure autour de l'axe FO par l'arc BA, est :

$$2\pi(\cos m - \cos n) = 4\pi \sin\frac{n+m}{2} \sin\frac{n-m}{2};$$

la seconde expression est facile à calculer au moyen de logarithmes.

Dans notre cas $n - m$, en général, = 10°, excepté la dernière zône — partant du sommet du réflecteur — de sorte qu'en général $\frac{n-m}{2}$ = 5°; $\frac{m+n}{2}$ seront : $\frac{5°+15°}{2}$, $\frac{15°+25°}{2}$...; c'est-à-dire = 10°, 20°, 30°... Pour le réflecteur II le premier terme $\frac{n-m}{2}$ est :

$$\frac{73°44'24'' - 65°}{2}, \text{ c'est-à-dire } 4°22'12''$$

et le dernier terme $\frac{m+n}{2}$ est, comme on l'a déjà trouvé, 69°22'12''; pour le réflecteur II le dernier $\frac{n-m}{2}$ est : $\frac{64°0'42'' - 55°}{2} = 4°30'21''$, et le dernier

$$\frac{n+m}{2} = \frac{64°0'42'' + 55°}{2} = 59°30'21''$$

Ayant calculé les logarithmes des quantités P_{10}, P_{20}, P_{30}... etc., nous y ajouterons respectivement ceux de A_{10}, A_{20}, A_{30}... et nous trouverons ainsi les logarithmes des quantités $P_{10}A_{10}$; $P_{20}A_{20}$; $P_{30}A_{30}$... et ainsi de suite.

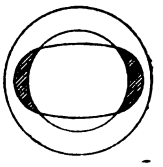


Fig. 16

Les quantités A_{10}, A_{20}... nous les empruntons à l'ouvrage publié par la maison :

L. Sautter, Lemonnier et Cie. « Appareils photoélectriques employés par les Marines Militaires, 1881, v. fig. 23 ». Cette figure porte des nombres et une courbe semblables à notre fig. 9.

Calculons maintenant tous les a et tous les b; pour simplifier nous posons d'abord D = 1 (ou plus exactement nous calculerons $\frac{a}{D}$ et $\frac{b}{D}$) et nous multiplierons plus tard là où ce sera nécessaire, par D les nombres trouvés de cette façon. Pour trouver les différents M nous n'aurons guère besoin qu'à faire cette multiplication.

(1) Où $59°\,31'\,21'' = \frac{55° + 64°0'42''}{2}$

Digitized by Google

Comme nous l'avons déjà vu, $b = \frac{lr \sin \alpha}{r^2 - (l \cos \alpha)^2}$, ou en se rappelant que $\alpha = 90° - v$,

$$b = \frac{lr \cos v}{r^2 - (l \sin v)^2} = \frac{l}{r} \cdot \frac{\cos v}{1 - \left(\frac{l \sin v}{r}\right)^2};$$

de même nous trouverons que

$$a = \frac{l}{r} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{l \sin v}{r}\right)^2}};$$

en faisant $\frac{l \sin v}{r} = \sin \varphi$, où φ sera un certain « *angle auxiliaire* », nous trouvons :

$$a = \frac{l}{r} \sec \varphi, \qquad b = \frac{l}{r} \cos v \sec^2 \varphi,$$

en remplaçant r par sa valeur :

$$\frac{\frac{q}{2}}{\cos^2 \frac{v}{2}},$$

nous trouvons que

$$a = \frac{2l}{q} \cos^2 \frac{v}{2} \sec \varphi$$

$$\varphi = \arcsin \frac{2l}{q} \cos^2 \frac{v}{2} \sin v$$

$$b = \frac{2l}{q} \cos^2 \frac{v}{2} \cos v \sec^2 \varphi$$

— formules très commodes pour les opérations logarithmiques.

Le rayon de celui des cercles de l'écran dont la circonférence n'est pas dépassée par les rayons émanant du réflecteur donné, ce rayon, disons-nous, est, évidemment égal au grand demi-axe de celle des ellipses, dans laquelle cette quantité a est la plus grande.

Pour le réflecteur I, cette quantité est, comme nous le verrons plus tard, égale à :

$$D \times N. \log \bar{2}. 42265,$$

de sorte que l'angle, sous lequel l'observateur voit a, qui est égal à arctang N. log $\bar{2}$,42265, est de 1°31'.

Et la quantité a elle-même est :

$$D \times 0{,}0265.$$

Pour le réflecteur II les nombres correspondants seront :

$$1°8'20'' \text{ et } D \times 0{,}0198.$$

Ainsi donc, toute la quantité de lumière reçue par l'écran du réflecteur I est concentré dans le cercle de rayon :

$$D \times 0{,}0265$$

et toute la quantité de lumière reçue du réflecteur II est concentrée dans un cercle de rayon :

$$D \times 0{,}0198$$

Pour calculer $M_1, M_2, M_3 \ldots$ pour une zone parabolique donnée, telle, que le rayon vecteur, mené du foyer de sa « zone élémentaire médiane », forme avec l'axe un angle v, nous procéderons comme il suit : après avoir trouvé a et b d'après les formules données plus haut, nous verrons immédiatement si $p_1 > a > b$, ou si $p_1 < b < a$, ou si enfin $b < p < a$. Dans le premier cas (voir plus haut), $M_1 = 1$ et $\log M_1 = 0$. Dans le second cas $M_1 = \frac{p_1^2}{ab}$ et $\log M_1 = 2 \log p_1 - (\log a + \log b)$. Dans le troisième cas nous rechercherons M_1 par la méthode graphique et d'après M_1 nous trouverons $\log M_1$.

Il va sans dire que pour voir si p_1 est plus grand que a nous n'avons pas besoin de trouver a ; il suffit de comparer $\log a$ et $\log p_1$, de même pour savoir si p_1 est plus grand que b il suffit de voir si $\log p_1$ est plus grand que $\log b$.

Ce que nous venons de dire de p_1 et de M_1 s'applique, naturellement, aussi à p_2 et M_2, p_3 et M_3, et ainsi de suite.

Nous connaissons donc maintenant :

1° les valeurs de A_{10} A_{20}..... qui sont les intensités lumineuses de la source de lumière dans les directions 10° 20°.....

2° les valeurs de P_{10} P_{20}.... qui sont les nombres d'unités de surfaces contenues dans les zones (5°—15°) — (15°—25°)..... ayant l'unité de longueur comme rayon.

3° les valeurs M_1 M_2..... qui sont les quantités de lumière reçue par les anneaux de l'écran de rayons $p_1 p_2$....., de chacune des zones du réflecteur.

Digitized by Google

Nous avons done tous les éléments pour calculer les valeurs

$$k\,K\,\Sigma\,APM_1$$

quantité de lumière reçue de tout le projecteur par le cercle de rayon de l'écran de rayon p_1 de l'écran,

$$k\,K\,(\Sigma\,APM_2 - \Sigma\,APM_1)$$

quantité de lumière reçue de tout le projecteur par l'anneau compris entre les rayons p_1 et p_2 de l'écran

Nous avons fait ces calculs pour les deux projecteurs I et II desquels nous avons déjà parlé, et pour un projecteur III dont la surface du cratère est deux fois plus grande que celle de I et II, ce qui correspond à l'intensité d'un courant d'environ 100 ampères, et pour lequel nous supposons les intensités lumineuses dans les différentes directions, doubles de celles de I et II. Le diamètre d'ouverture de ce projecteur étant de 1 m. 50 et sa distance focale de 650 mm (1)

Nous donnerons trois diagrammes (fig. 17),

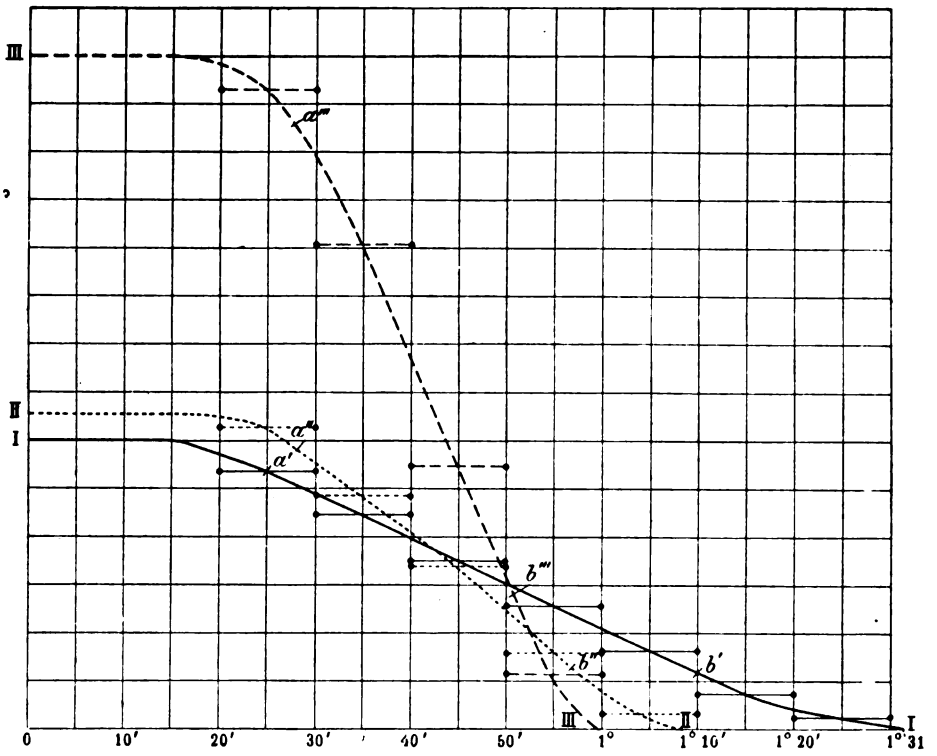


Fig. 17.

$$k_2K\,(\Sigma\,APM_3 - \Sigma\,APM_2)$$

quantité de lumière reçue de tout le projecteur, par l'anneau compris entre les rayons p_2 et p_3 de l'écran, etc.

C'est à-dire que nous pouvons déterminer les quantités de lumière reçue par chacun des anneaux de l'écran. En divisant ces quantités de lumières respectivement par les surfaces des anneaux, nous trouverons finalement les intensités lumineuses dans chacun des anneaux de l'écran.

un, pour le réflecteur I, l'autre pour le réflecteur II, et le troisième pour III. Sur l'axe des abscisses nous portons des longueurs proportionnelles aux rayons angulaires des circonférences concentriques de l'écran de 10', 20', 30'... 0°59'37''; 1°; 1°10... etc., et ensuite nous menons des droites horizontales (parallèles à l'axe des abscisses) à des hauteurs

(1) Un semblable réflecteur parabolique en verre a été exposé par la maison Schuckert à l'Exposition d'Electricité de 1891 de Francfort-sur-le-Mein.

Digitized by Google

proportionnelles aux intensités de l'éclairement du cercle de rayon angulaire de 10° et de nos différents anneaux, c'est-à-dire proportionnelles aux nombres: 165751000;... 180740800; 180765700;... 384256800...

Nous ne menons chacune de ces droites horizontale qu'entre les ordonnées correspondant aux abscisses, qui représentent ces rayons angulaires entre les circonférences desquelles l'anneau donné est compris; pour le réflecteur I, par exemple, nous menons à la hauteur 1467108000 une droite horizontale entre les ordonnées correspondant aux abcisses qui représentent les rayons angulaires de 20′ et de 30′.

Nous joignons les centres de toutes ces droites horizontales par une courbe continue.

Nous ne décrirons pas en détail la construction de ces diagrammes, celle-ci étant très simple.

Par la comparaison de ces courbes nous pouvons arriver aux conclusions pratiques exposées plus loin; mais, mentionnons d'abord les propriétés suivantes des faisceaux lumineux des projecteurs observés pendant un grand nombre d'expériences.

La partie extérieure du faisceau dont le pouvoir éclairant est relativement insignifiant, par exemple, plus de 5 fois plus faible que la partie centrale, est à une grande distance, plus *nuisible* par son brouillard lumineux qu'elle n'est utile par son éclairage. Nous doutons fort qu'un observateur au courant de l'éclairement par projection puisse ne pas admettre cette conclusion.

Tout observateur expert, considérera comme *utile* ou efficace, cette partie du faisceau central dont le pouvoir éclairant, par rapport au centre, ne baisse guère que de 10 o/o.

La partie moyenne du faisceau comprise entre ces limites, joue un rôle incertain; plus l'air est transparent et le point visé clair (c'est-à-dire plus il réfléchit de rayons), plus est grande la fraction utile de cette partie du faisceau et vice versa.

Ceci posé, nous pouvons, d'après les diagrammes obtenus, arriver aux conclusions suivantes relativement aux qualités des réflecteurs en question : Le réflecteur II dont le diamètre est de 10 cm. plus grand et la distance focale de 10 cm. plus longue que dans le réflecteur I, présente les avantages suivants, l'intensité du courant étant *la même :*

La *partie utile* du faisceau du réflecteur II occupe environ 41 o/o de la largeur *totale* du faisceau, tandis que dans le réflecteur I la *partie utile* n'occupe que 27 o/o de la largeur *totale* du faisceau. De plus, dans le réflecteur II la valeur *absolue* de la partie utile du faisceau est de 12 o/o environ *plus grande* que la valeur correspondante de I, et, en outre, son éclairement est de 10 o/o *plus intense.*

La *partie nuisible* du faisceau du réflecteur II n'occupe que 18 o/o de la largeur totale du faisceau, alors que dans le réflecteur I elle occupe 21 o/o de la largeur de son faisceau, et en outre la valeur *absolue* de la partie *nuisible* du faisceau est dans le réflecteur II de 40 o/o *moindre* que dans I.

Les courbes des réflecteurs I et III se rapportent directement aux deux modèles de Schuckert, dont un a 90 cm. de diamètre, 0,30 m. de distance focale et fonctionne avec une intensité de courant de 90 à 100 ampères, et le second a 0,150 m. de diamètre, 0,65 m. de distance focale et fonctionne avec un courant de 160 ampères. De leur comparaison ressort ce qui suit :

Le *maximum* d'éclairement du réflecteur III est de 2 1/3 *plus grand* que celui du I.

La *partie utile* du faisceau du réflecteur III occupe 45 o/o de toute la largeur de son faisceau et sa *valeur absolue* est de 10 o/o plus grande que celle du réflecteur I.

La partie *nuisible* du faisceau du réflecteur III occupe 15 o/o de toute la largeur de son faisceau et sa *valeur absolue* est de 22 o/o *moindre* que celle du réflecteur I.

Nous voyons d'ici combien nous pouvons gagner en employant le réflecteur III à la place de I, mais à condition de faire usage d'un courant d'intensité double.

Digitized by Google

Jusqu'ici nous n'avons encore rien dit de précis touchant l'absorption atmosphérique des rayons lumineux. Dans les ouvrages scientifiques il n'y a, malheureusement, sur cette question que très peu de données numériques *sûres*. Se basant sur ses propres expériences, M. Müller, de Potsdam a calculé qu'avec une direction verticale des rayons solaires il passerait à travers l'atmosphère 0,825 de lumière solaire (d'énergie lumineuse, envoyée par le soleil).

M. Kulman, ingénieur de la maison Breguet, se basant sur ces chiffres de M. Müller, a trouvé par le calcul qu'une couche d'air atmosphérique d'un kilomètre d'épaisseur, à 0° et à 760 mm. de pression, laisse passer 0,976 de la quantité de lumière entrée dans cette couche (c'est-à-dire qu'elle absorbe 0,024 de cette quantité).

Evidemment, le nombre de M. Müller ne peut pas prétendre à une grande exactitude, mais si même il était absolument exact on ne pourrait pas tout de même se fier a celui de M. Kulman, attendu qu'en le déduisant il admet que notre lumière est *homogène* (monochromatique); or, en réalité, ni la lumière soluire, ni la lumière électrique ne sont homogènes. De plus, — et ceci est le plus important, — nous aurons toujours affaire aux rayons traversant des couches d'air très voisines de la surface terrestre, dans lesquelles, en dehors de l'absorption régulière, il y aura des pertes nombreuses, dues à la réflexion qui se produira sur chaque surface de séparation de deux volumes d'air représentant quelque différence de densité, de température, d'humidité. C'est justement dans les couches très voisines de la surface terrestre que ces différences sont particulièrement fréquentes. C'est pourquoi on ne peut considérer ce nombre 0,976 que comme un maximum dont la transparence réelle de l'air s'approche plus ou moins, sans pouvoir jamais l'atteindre.

Jusqu'à quel point différent, dans des conditions inégales, les pertes de la lumière par suite de l'absorption atmosphérique — régulière et irrégulière — (comprenant par absorption irrégulière la dispersion de la lumière par les grains de poussière, la réflexion sur la surface de séparation de deux couches d'air hétérogènes, etc.), jusqu'à quel point elles diffèrent, dis-je, on peut le juger d'après les nombres de M. J. Rey. La lumière du projecteur placé sur le mont Washington (en Amérique) à la hauteur de 1900 m., sur une étendue d'un kilomètre, ne perd que 3 à 4 o/o de son intensité; alors qu'à Paris, même après une pluie, qui a purifié l'air de sa poussière, par une belle soirée d'automne, la lumière a perdu sur une étendue d'un kilomètre 40 o/o de son intensité. Une couche d'air de 10 kilom d'épaisseur ne laissait passer que 6/1000 de la lumière.

(*A suivre*). W. Tchikoleff et W. Turin.

L'ÉLECTRICITÉ

A L'EXPOSITION DE LYON[1]

Nous avons décrit, dans un précédent article, l'usine électrique de la coupole qui dessert la partie centrale de l'Exposition ; nous examinerons aujourd'hui les trois stations de moindre importance qui assurent l'éclairage des autres parties de l'Exposition.

Ces trois petites usines diffèrent beaucoup de la station de la coupole. Dans chacune d'elles le générateur, le moteur et la dynamo sont réunis dans un même bâtiment offrant le type d'une petite station centrale, dont le réseau alimente presque exclusivement des lampes électriques et ne fournit le courant qu'à un très petit nombre de moteurs. La station de la coupole, au contraire, dont une bonne partie de la puissance est utilisée pour la force motrice et qui est formée par la juxtaposition de plusieurs groupes différents n'ayant de commun que l'alimentation de vapeur, est plutôt l'image d'une grande usine effectuant la

(1) L'*Éclairage Électrique* du 15 septembre 1894, p. 10.

Digitized by Google

distribution de l'énergie électrique dans une ville industrielle.

La station du *Génie Civil* est installée à l'une des extrémités d'un grand bâtiment (marqué I sur le plan de la fig. 1, page 11) dans lequel se trouvent, d'une part la peinture et la sculpture, et d'autre part le matériel de chemin de fer et les objets et appareils de construction. L'usine du Génie Civil présente cette particularité intéressante d'être actionnée par un moteur à gaz pauvre produit sur place au moyen d'un gazogène.

Le moteur à gaz est appliqué à présent d'une façon courante à l'éclairage électrique ; mais il n'en est pas de même pour le gazogène, dont l'emploi est longtemps resté limité au chauffage des chaudières à vapeur. L'utilisation directe des gaz de gazogènes — qui sont pauvres en carbures éclairants, mais riches en gaz combustibles et surtout en oxyde de carbone — dans des moteurs semblables aux moteurs à gaz d'éclairage ordinaire, date seulement de quelques années. Depuis lors, différents constructeurs sont parvenus à simplifier considérablement la construction et la manœuvre des gazogènes, de sorte que ces appareils sont devenus beaucoup plus faciles à conduire qu'une chaudière ordinaire. Leur installation ne demande presque pas de fondation et ne coûte pas plus cher que celle de générateurs à vapeur. Enfin, les gazogènes possèdent le grand avantage de produire la force motrice à un taux très économique et sans perte appréciable; car des expériences nombreuses ont montré que la dépense de combustible d'un moteur fonctionnant avec le gaz pauvre d'un gazogène, calculée pendant une période de plusieurs mois, ne dépassait pas 600 à 800 gr. d'anthracite ou de houille maigre par cheval-heure, résultat qu'on obtient avec la machine à vapeur pendant une durée d'essai de quelques heures, mais qu'on est loin d'atteindre dans une usine en marche régulière. Grâce à ces qualités, le moteur à gaz pauvre constitue la solution la plus avantageuse et la plus pratique que l'on puisse adopter pour une installation électrique isolée ou une station de moyenne importance. Si les applications de ces moteurs à l'éclairage électrique sont encore en nombre très limité, cela tient à ce que ces appareils sont en général peu connus et qu'on a rarement occasion d'en voir fonctionner. Aussi, est-ce avec plaisir que nous avons vu qu'il existait à l'Exposition de Lyon deux installations marchant par gazogènes. Un gazogène système Buire-Lencauchez actionne un moteur à gaz Simplex à l'usine du tramway électrique Claret dont nous parlerons plus tard. A la station du Génie civil, la force motrice est produite par un gazogène Taylor et un moteur Niel.

Les divers systèmes de gazogènes ne diffèrent que sur des points de construction. Ils reposent tous sur le même principe : produire dans un espace clos une combustion incomplète du charbon, qui, en présence d'une quantité réglée d'air et de vapeur d'eau, donne naissance à un mélange d'azote, d'hydrogène et d'oxyde de carbone, possédant un pouvoir calorifique très élevé. Après lavage et refroidissement, ce mélange gazeux est emmagasiné dans un gazomètre.

La figure 2 représente la coupe et la figure 3 la vue d'ensemble d'un gazogène Taylor. Le combustible, anthracite ou charbon maigre, est versé par une trémie N à l'intérieur d'un four cylindrique portant une grille mobile P, permettant de faire tomber les cendres et les mâchefers pendant que l'appareil est allumé. A côté du four se trouve une très petite chaudière en tôle, à foyer indépendant, qui n'est pas représentée sur la figure. La vapeur produite dans ce petit générateur pénètre par le tube a dans un surchauffeur V traversé par les gaz chauds sortant du four. La vapeur surchauffée se rend ensuite à l'injecteur I, qui envoie un mélange de vapeur et d'air à la base d'un faisceau tubulaire T parcouru par les gaz chauds du four. Le mélange surchauffé de vapeur et d'air est conduit par le tube d à la partie inférieure du four où il se décompose pour former avec le carbone le mélange gazeux nommé gaz pauvre. Le gaz pauvre se rend au gazomètre après s'être refroidi et nettoyé

Digitized by Google

par un passage dans un long tube vertical S, dans lequel les cendres se déposent, dans une cuve de lavage, dans un cylindre à coke, et dans un épurateur.

L'installation ne comporte pas de cheminée, et peut être placée n'importe où. A la station du Génie civil, par exemple, le gazogène, le moteur à gaz et les dynamos sont montés à l'intérieur même de la salle d'exposition. Un tuyau A partant du gazomètre conduit le gaz pauvre à un moteur monocylindrique Niel, de 30 chevaux, qui tourne à 180 tours. Ce moteur, qui porte deux volants, actionne par

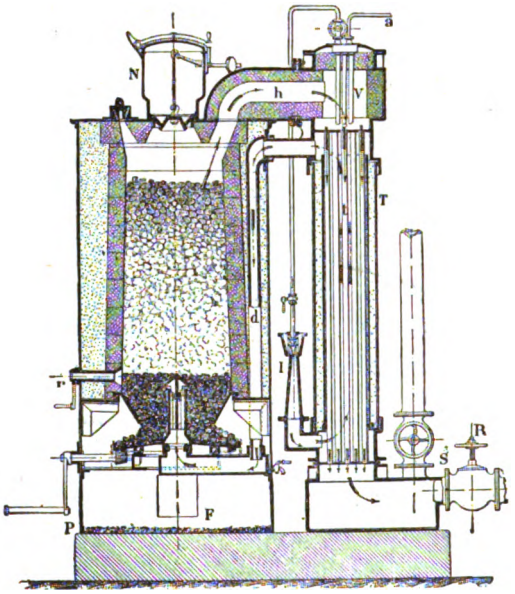


Fig. 2 — Gazogène Taylor.

courroie une dynamo Lombard Gérin, bipolaire, du type supérieur, tournant à 800 tours, et donnant 160 volts et 150 ampères.

Le courant de la dynamo n'est pas employé directement; il sert à charger une batterie d'accumulateurs Tudor, composée de 62 éléments de 800 ampères heures de capacité. Les plaques de chaque élément sont placées dans un bac en bois doublé de plomb, mesurant 645 mm. de longueur, 400 mm. de largeur et 670 mm. de hauteur, et reposant sur des madriers en bois, par l'intermédiaire d'isolateurs à huile (Voir fig. 4). Les extrémités des plaques positives de chaque élément sont réunies aux extrémités des plaques négatives de l'élément voisin par une barre horizontale en plomb, fixée à la soudure antogène. Les éléments extrêmes de la batterie sont reliés au tableau de distribubution par des tiges de cuivre noyées dans les barres horizontales de connexion en plomb. Chaque accumulateur renferme 155 kg. de plaque et pèse brut 300 kg.; la batterie entière pèse donc 18 000 kg.

La dynamo et les accumulateurs sont reliés à un tableau de distribution construit par la

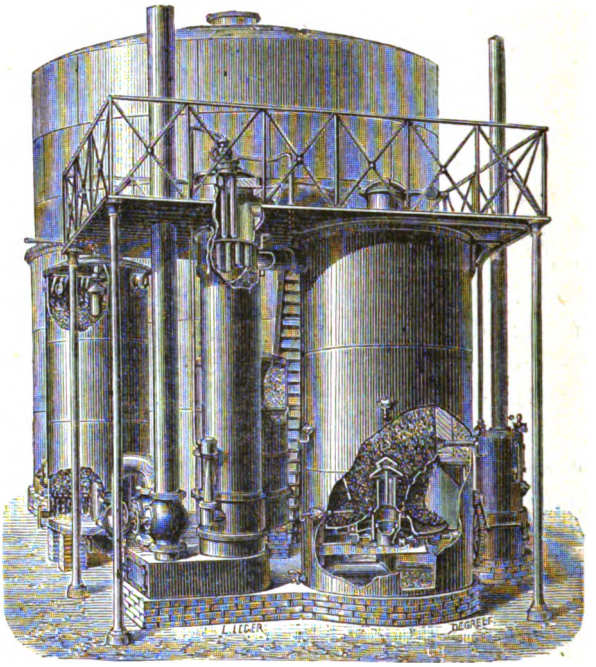


Fig. 3. — Vue d'ensemble d'un gazogène Taylor.

maison Lombard Gérin. Ce tableau contient divers appareils de mesure et commutateurs, ainsi qu'un régulateur automatique de batterie qui augmente simplement le nombre d'éléments en série sur le circuit de distribution à mesure que la batterie se décharge, car la puissance dépensée ne subit pas de variations. La station alimente des lampes à incandescence marchant à 110 volts, et des lampes à arcs montées par deux en tension. Le réseau de distribution, qui est en fil de cuivre nu, n'a pas une grande longueur, puisqu'en dehors des Salles du Génie Civil et des Beaux Arts, situées dans le même bâtiment que la station,

Digitized by Google

il ne dessert que quelques pavillons peu éloignés.

La batterie d'accumulateurs est chargée dans la journée au régime de 150 ampères et fournit le soir un courant de 150 ampères environ, représentant une puissance de 16,5 kilowatts. Au commencement de la soirée la batterie est mise pendant une heure ou deux sur le circuit de distribution, en même temps qu'elle se trouve chargée par la dynamo. Le moteur à gaz est ensuite arrêté, et la batterie assure seule l'éclairage pendant le reste du temps, c'est-à-dire pendant 3 ou 4 heures environ.

Les stations qui ont fait usage de la distribution à 3 fils au moment de l'apparition de ce système, ont placé sur chaque pont un nombre égal de dynamos à 100 volts travaillant toutes en quantité. On a reconnu plus tard qu'il était inutile d'employer un aussi grand nompre de dynamos à 100 volts et qu'on obtenait le même résultat en ne faisant usage que de 2 petites dynamos à 100 volts destinées à équilibrer les charges sur chacun des ponts, et en reliant directement les deux fils extrêmes du réseau de distribution à une ou plusieurs dynamos à 100 volts. Certains inventeurs ont même proposé

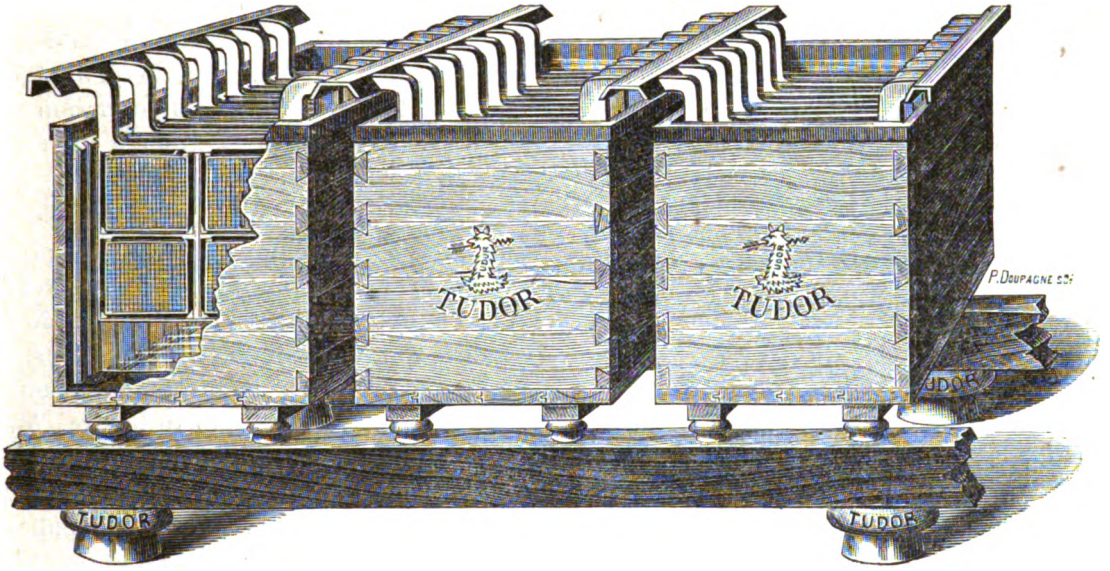


Fig. 4. — Accumulateurs Tudor.

La station « des Colonies » occupe entièrement un petit bâtiment (marqué sur le plan ide la fig. 1) construit sur la rive droite du lac dans le voisinage des palais coloniaux. Elle se compose d'une chaudière Babcock et Willcox fournissant la vapeur à un moteur Willians d'une puissance de 60 chevaux. Le moteur, dont la vitesse angulaire est de 450 tours par minute, est reliée directement à une dynamo Five Lilles au moyen d'un plateau à accouplement élastique.

Tout l'intérêt de la station des Colonies réside dans sa dynamo unique qui alimente à elle seule un réseau à 3 fils.

de supprimer les 2 dynamos de réglage à 100 volts et de ne conserver qu'une dynamo à 200 volts portant un troisième balai placé au milieu des deux autres et relié au fil neutre de la canalisation. Cette dernière solution n'a jamais été réalisée, à cause des fortes étincelles qui se produiraient sur le collecteur au passage du balai neutre.

La Compagnie de Fives-Lille a tourné la difficulté par un dispositif qui consiste en principe à intercaler 2 bobines de forte self-induction entre le balai neutre et chacun des balais ordinaires de la dynamo. Les courants créés dans un anneau Gramme étant sinusoï-

Digitized by Google

daux avant leur redressement par les balais, une bobine de self-induction suffira pour amortir les variations brusques de force électromotrice au passage du balai neutre et par suite supprimer les fortes étincelles au collecteur. La figure 5 montre le schéma des connexions d'une dynamo Fives-Lille. Les diverses sections de l'anneau A sont reliés à un collecteur ordinaire F, sur lequel frottent 2 ballais B et D reliés aux fils extrêmes R_1 et R_2 du réseau.

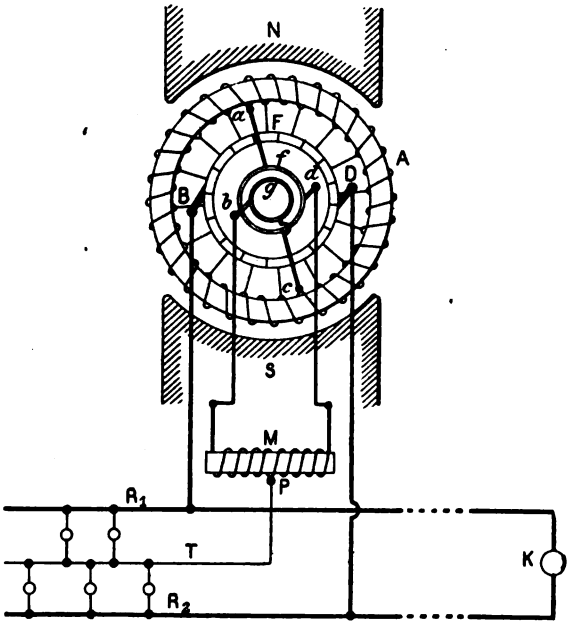


Fig. 5.— Dynamo Fives-Lille pour distribution à 3 fils.

L'induit porte 2 bagues pleines isolées *f* et *g*, reliées à 2 points diamètralement opposés *a* et *c* de l'anneau A. Les 2 balai *b* et *d* qui frottent sur les bagues *f* et *g* sont reliés aux extrémités d'une bobine A, ayant un grand coefficient de self-induction, mais une faible résitance ohmique, et dont le point milieu P aboutit au fil neutre de distribution T. Il est facile de voir que les différences de potentiel entre *b* et P d'une part et *c* et *d* d'autre part sont égales, et que de même les f. e. m. entre *a* et B, *c* et D d'une part *a* et D, *c* et B d'autre part sont égales. Le fil neutre T possèdera donc toujours une tension égale à la moitié de celle qui existe entre les fils extrêmes R_1 et R_2.

Lorsque les deux ponts sont en équilibre, la bobine M n'est parcourue que par des courants alternatifs et comme elle possède un très grand coefficient de self-induction le courant efficace qui la traverse est très faible. Si la charge des 2 ponts devient inégale, l'excès de courant du pont le plus chargé, par exemple de R_2 T, retourne à l'anneau A en passant par la moitié de bobine P*d* et comme il s'agit alors d'un courant continu traversant un circuit de faible résistance ohmique, la perte d'énergie dans la bobine M est encore très faible. Nous ne possédons pas de chiffres permettant de calculer exactement la valeur de cette perte, mais on peut la réduire autant qu'on veut à condition d'augmenter la self-induction de la bobine, c'est-à-dire de donner à celle-ci de grandes dimensions.

La dynamo placée à la station des Colonies est la première machine construite d'après ce système par la Compagnie de Fives-Lille. La forme extérieure et la construction de cette dynamo, qui peut donner 160 ampères à la tension de 220 volts, sont tout à fait semblables à celles d'une dynamo ordinaire. Mais à côté du collecteur ordinaire se trouvent deux bagues pleines montées sur l'arbre de l'induit, et deux balais frotteurs fixés sur un palier. A côté de la dynamo est placée la bobine de self-induction, qui mesure environ 0,60 m. de hauteur et 0,50 m. de diamètre et ressemble beaucoup à un transformateur Zipernowsky. C'est un tore en fils de fer isolés qui porte, sur toute l'étendue de sa surface un enroulement composé d'un grand nombre de tours de fil de cuivre isolé de 4 mm. de diamètre. Le circuit magnétique du noyau de fer étant fermé sur lui-même, la bobine possède un grand coefficient de self-induction tout en ayant une résistance ohmique relativement faible.

Nous avons constaté que les balais neutres ne donnaient pas en marche d'étincelles appréciables, ce qui prouve l'efficacité du système. La disposition imaginée par la Compa-

Digitized by Google

gnie de Fives-Lille pour les stations à 3 fils présente l'avantage de simplifier dans une certaine mesure la surveillance de l'usine, car il est toujours préférable d'avoir une bobine inerte à la place d'une dynamo qui tourne. Il est à remarquer, d'ailleurs, que l'avantage est plus sensible pour une petite station que pour une grande usine. En effet, puisque dans ce dernier cas l'on se contente déjà à l'heure actuelle de 2 petites dynamos régulatrices, représentant une faible partie de la puissance de l'usine, la suppression d'une de ces petites dynamos n'apporte pas de grandes modifications à l'ensemble du matériel.

Nous pensons que la dynamo régulatrice Fives-Lille pourrait rendre de grands services dans le cas d'une station centrale K alimentant par des feeders à 2 fils plusieurs petites sous-stations, distribuant l'énergie par un réseau à 3 fils, ainsi que le propose la Compagnie de Fives-Lille. En effet la dynamo régulatrice pourrait, dans ce cas, remplir le même rôle que les batteries d'accumulateurs placées généralement dans les sous-stations, ce qui simplifierait beaucoup la conduite de ces sous-stations.

La station des Colonies n'a été montée avec le système à 3 fils que dans un but de démonstration, car sa canalisation ne s'étend pas à plus de 500 mètres de l'usine.

Cette canalisation, qui est aérienne, est employée exclusivement à l'éclairage. Elle dessert les palais de l'Algérie, de la Tunisie, de l'Annam, des Colonies (voir plan, fig. 1) et quelques petits pavillons environnants. Ces divers bâtiments sont éclairés surtout par des lampes à incandescence réparties entre les 2 ponts du réseau; les lampes à arc sont montées par 2 en tension sur chaque pont.

La station Averly (marquée sur le plan, fig. 1) établie à la pointe du lac, a été installée d'abord exclusivement pour la charge des accumulateurs du tramway électrique du tour du lac — dont nous parlerons dans un prochain article. Comme l'usine se trouvait avoir une grande puissance mécanique et électrique en excédent et que la station des Colonies marchait à pleine charge, on a confié à la station Averly l'éclairage du vélodrome, du village gabonais, du campement arabe, et en général de tous les pavillons et établissements situés à l'extrémité de la rive droite du lac.

La station Averly occupe un bâtiment isolé, comprenant un bureau, une petite chaufferie, une salle de machines, une salle d'accumulateurs et un grand hangar couvert. La vapeur est fournie par une chaudière Belleville, pouvant donner 2000 kg de vapeur à l'heure, à la pression de 16 kg.

Cette vapeur, réduite à la pression de 8 kg. par un détenteur, alimente les 2 moteurs placés dans la salle des machines. La plus grosse de ces machines est un moteur horizontal Averly compound de 70 chevaux, actionnant par courroie une dynamo Averly bipolaire, du type Manchester, pouvant donner 160 volts et 300 ampères. A côté, se trouve une dynamo Desroziers à 4 pôles, recevant son mouvement d'une machine verticale Averly de 30 chevaux, et pouvant fournir 150 ampères à la tension de 150 volts.

La batterie employée pour l'éclairage se compose de 130 accumulateurs de la *Société du travail électrique des métaux*, disposés en 2 étages sur des madriers en bois sur lesquels sont posés des isolateurs à huile. Les éléments ont une capacité utile de 1400 ampères-heure et contiennent chacun 17 plaques carrées de 400 mm. de côté.

Le courant nécessaire pendant les 4 ou 5 heures d'éclairage de la soirée étant seulement de 100 ampères environ, la batterie n'est jamais déchargée complètement et il suffit de lui fournir chaque jour un courant de 120 ampères pendant 5 heures pour la recharger à saturation.

Le moteur de 70 chevaux, dont la dynamo est employée spécialement pour la charge des batteries du tramway, est mis en marche pendant toute la journée, et le moteur de 30 chevaux reste au repos, comme groupe de réserve, pendant une grande partie de la journée. La

Digitized by Google

dynamo Desroziers peut néanmoins, en cas de besoin, être couplée en parallèle avec la dynamo bipolaire et servir à la charge des accumulateurs du tramway. Mais, en général, le moteur de 30 chevaux et la dynamo Desroziers ne fonctionnent que pendant la charge des accumulateurs servant à l'éclairage, soit pendant 5 heures environ. Les 2 dynamos sont alors couplées en tension et donnent une force électro-motrice de 310 volts, largement suffisante pour charger les 130 éléments de la batterie d'éclairage.

La station Averly est celle dont le réseau est le plus étendu. Ce n'est donc pas tant pour démonstration que pour cause d'économie que l'on a adopté le système à 3 fils, en faisant usage de câbles nus aériens. La tension est de 110 volts sur chaque pont. La canalisation alimente surtout des lampes à arc, montées par 2 en tension sur chaque pont.

Il faut citer aussi à titre de curiosité le chemin de fer de Tombouctou, qui constitue l'unique installation de force motrice desservie par le réseau Averly. C'est une sorte de manège, composé de 3 animaux exotiques, se mouvant sur une piste circulaire. Dans le corps de l'un d'eux se trouve dissimulé un petit moteur électrique qui reçoit son courant par un trolley frottant sur un câble circulaire aérien. Ce câble, établi sur poteaux le long de la piste, est branché sur la canalisation Averly, qui sert en même temps à l'éclairage du bâtiment. Cette application originale de l'électricité obtient beaucoup de succès à l'Exposition de Lyon et ne tardera pas, c'est probable, à entrer dans le domaine industriel .. des fêtes foraines.

(*A suivre.*) Ch. JACQUIN.

SUR LA PROPAGATION DES PERTURBATIONS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES (1)

En dérivant la troisième par rapport à y, la seconde par rapport à z, et retranchant membre à membre les égalités obtenues, il vient

$$\frac{d^2b}{dx\,dy} - \frac{d^2a}{dy^2} - \frac{d^2a}{dz^2} + \frac{d^2c}{dx\,dz} = 4\pi\mu\left(\frac{dw}{dy} - \frac{dv}{dz}\right).$$

ou, en tenant compte de (16) et remplaçant v et w par leurs valeurs (6),

$$-\Delta a = (K - K_0)\,\mu\frac{d}{dt}\left(\frac{dR}{dy} - \frac{dQ}{dz}\right),$$

ou encore en remplaçant Q et R par leurs valeurs (4)

$$\Delta a = (K - K_0)\,\mu\frac{d^2}{dt^2}\left(\frac{dH}{dy} - \frac{dG}{dz}\right)$$

ou, enfin, en tenant compte de la première des relations (15)

$$\Delta a = (K - K_0)\,\mu\frac{d^2a}{dt^2}.$$

On aurait de la même manière deux autres équations analogues. On en déduit que la vitesse de propagation des perturbations magnétiques est, dans la théorie de Hemholtz

$$V = \frac{1}{\sqrt{(K - K_0)\,\mu}};$$

elle est donc la même que celle des perturbations magnétiques transversales.

Dans la théorie de Maxwell, cette vitesse sera

$$\frac{1}{\sqrt{K\,\mu}}$$

7. — *Propagation dans les fils métalliques.* — Dans les théories anciennes aussi bien que dans les théories récentes, un courant électrique lancé dans un fil métallique indéfini doit se propager avec une vitesse finie. Nous allons chercher sa valeur dans l'hypothèse où le rayon du fil est très petit.

Plaçons-nous d'abord dans le cas où l'on admet les idées anciennement reçues sur l'électricité. Soit i l'intensité du courant à l'instant t à une distance z de l'origine du fil métallique. Un flux d'électricité idt traverse la section du fil pendant le temps dt ; celui qui traverse une autre section située à une distance

(1) L'*Eclairage Electrique* du 15 septembre 1894, p. 16.

Digitized by Google

très petite dx de la première est, pendant le même temps, $\left(i+\frac{di}{dz}dz\right)dt$. Si le milieu environnant le fil n'est pas parfaitement isolant, de l'électricité se perd par la surface du fil, et la perte qu'éprouve pendant le temps dt la portion du fil comprise entre les deux sections considérées est $s\varphi\, dz\, dt$, s étant le coefficient de perte rapportée à l'unité de longueur du fil et φ le potentiel électrostatique de la région considérée. Par conséquent l'augmentation de la charge électrique de cette région est

$$idt - \left(i+\frac{di}{dz}dz\right)dt - s\varphi\, dz\, dt = -\left(\frac{di}{dz}+s\varphi\right)dz\, dt.$$

Mais la variation de charge est égale au produit de la capacité par la variation de potentiel. Si donc nous désignons par γ la capacité du fil par unité de longueur, la variation de charge de la longueur dz du fil peut s'écrire

$$\gamma\, dz\, \frac{d\varphi}{dt}\, dt,$$

et en égalant cette expression à celle que nous avons trouvée plus haut, nous obtenons l'équation

$$\frac{di}{dz}+s\varphi+\gamma\frac{d\varphi}{dt}=0 \qquad (18)$$

La théorie ordinaire de l'induction nous apprend que la différence de potentiel $\frac{d\varphi}{dz}dz$ entre les deux sections considérées a pour valeur

$$\frac{d\varphi}{dz}dz = -\frac{d.ldz\,i}{dt} - ir\,dz$$

ldz étant la self induction et rdz la résistance ohmique de la portion de conducteur considérée, c'est-à-dire, l et r étant respectivement la self induction et la résistance de ce conducteur par unité de longueur. Nous déduisons de là

$$\frac{d\varphi}{dz} = -l\frac{di}{dt} - ir$$

et si nous portons cette valeur de $\frac{d\varphi}{dz}$ dans l'équation que l'on obtient en divisant les deux membres de l'équation (18) par rapport à x, il vient

$$\frac{d^2i}{dz^2} = sl\frac{di}{dt} + sri + \gamma l\frac{d^2i}{dt^2} + \gamma r\frac{di}{dt},$$

ou

$$\frac{d^2i}{dz^2} = \gamma l\frac{d^2i}{dt^2} + (sl+\gamma r)\frac{di}{dt} + rsi,$$

équation qui donnera la valeur de l'intensité à chaque instant et en chaque point du fil métallique et qui, par conséquent, permettra de déterminer la vitesse de propagation si l'on connaît les divers coefficients s, γ, l et r de ce fil.

Bornons-nous au cas où le fil est dans un milieu parfaitement isolant. Les pertes par la surface sont nulles et nous devons faire $s=0$ dans l'équation précédente, qui devient alors

$$\frac{d^2i}{dz^2} = \gamma l\frac{d^2i}{dt^2} + \gamma r\frac{di}{dt}. \qquad (19)$$

La self induction d'un fil rectiligne ou d'un fil courbé dont le rayon de courbure est très grand par rapport au diamètre du fil est connue, si l'on suppose le courant uniformément distribué sur toute la section du fil, on a

$$l = 2\mu\left(\log\frac{4}{d} - 0{,}75\right);$$

si, au contraire, on suppose le courant répandu uniquement sur la surface, comme cela se produit dans le cas d'oscillations très rapides, on a

$$l = 2\mu\left(\log\frac{4}{d} - 1\right),$$

d désignant dans ces deux expressions le diamètre du fil. En supposant ce diamètre trés petit, la valeur du terme logarithmique est très grande par rapport à 0,75 et à 1. Nous pouvons donc négliger ces nombres et prendre

$$l = 2\mu\log\frac{4}{d},$$

quelle que soit la distribution du courant sur la section.

D'autre part, on sait que la capacité d'un cylindre de diamètre d est, par une unité de longueur

$$\gamma = \frac{K}{2\log\frac{a}{d}},$$

Digitized by Google

d' étant le diamètre d'un cylindre concentrique assez éloigné pour qu'on puisse admettre que le potentiel de sa surface reste constant quel que soit celui du fil, et K le pouvoir inducteur spécifique du milieu environnant le fil, exprimé en mesures électro-magnétiques, afin que l et γ se trouvent exprimés dans le même système d'unités.

On a donc

$$l\gamma = K\mu \frac{\log \frac{4}{d}}{\log \frac{d'}{d}}.$$

Le second membre de cette égalité tend vers $K\mu$ quand le diamètre du fil tendra vers o. Nous pouvons donc, en supposant le fil très fin, prendre pour $l\gamma$ cette valeur limite, et l'équation (19) devient alors

$$\frac{d^2i}{dx^2} = K\mu \frac{d^2i}{dt^2} + \gamma r \frac{di}{dt}. \qquad (19\text{ bis})$$

Mais nous pouvons choisir les unités de longueur et de temps de manière que l'unité de vitesse soit égale à la valeur de $\frac{1}{\sqrt{K\mu'}}$ puisque cette quantité a les dimensions d'une vitesse. Ce choix d'unités modifie nécessairement les i, γ et r; représentons néamoins par les mêmes lettres ces nouvelles valeurs; l'équation précédente devient

$$\frac{d^2i}{dx^2} = \frac{d^2i}{dt^2} + 4k \frac{di}{dt}. \qquad (20)$$

On reconnaît l'équation aux dérivées partielles du second ordre qui a été récemment l'objet de plusieurs communications à l'Académie des sciences par M. Poincaré (1), M. Picard (2) et M. Boussinesq (3). Or, il résulte de l'étude de cette équation qu'une perturbation de i produite à l'origine des coordonnées se propage en se *diffusant*, c'est-à-dire en occupant une longueur de fil d'autant plus grande que le temps écoulé depuis sa production est plus grand, et que la vitesse de propagation du front de cette perturbation est égale à 1 dans le système d'unités adoptées en dernier lieu, c'es-à-dire égale à $\frac{1}{\sqrt{K\mu}}$ dans le système d'unités électromagnétiques.

Si l'on rapproche cette conclusion de ce que nous avons trouvé pour la vitesse de propagation d une perturbation électrique ou magnétique dans un diélectique indéfini, d'après Maxwell, on voit que :

D'après les idées anciennes sur l'électricité, le front d'une perturbation doit se propager dans un fil métallique indéfini et très mince avec une vitesse égale à celle qu'elle aurait, d'après les vues de Maxwell, dans le diélectrique ambiant.

8. Examinons maintenant à quelles conséquences conduit la théorie de Helmholtz.

Les relations (3), (4), (5) et (7) s'appliquent aussi bien aux conducteurs qu'aux diélectriques puisque les trois premières résultent de la forme admise pour l'expression du potentiel électrodynamique de deux éléments de courant et que la dernière n'est autre que celle qui exprime la continuité dans la théorie élastique des fluides. Aux équations (6) nous devons substituer les suivantes qui expriment la loi de Ohm

$$u = c\,KP, \quad v = c\,KQ, \quad w = c\,KR, \qquad (21)$$

et où c désigne la conductibilité spécifique du conducteur, K le pouvoir inducteur spécifique du diélectrique environnant le fil.

Nous avons démontré que l'équation (7) pouvait être remplacé par (9) où φ désigne le potentiel électrotatique en un point du milieu implorisable qui est supposé, dans la théorie des diélectriques de Poisson-Mossotti, remplir les espaces intermoléculaires des milieux diélectriques polarisabies. Si nous appelons maintenant φ le potentiel en un point excessivement voisin de la surface du fil et situé dans le diélectrique ambiant, nous aurons

$$\varphi = \int \frac{1}{K} \frac{\rho'}{r} d\tau' \quad \text{au lieu de} \quad \varphi = \int \frac{1}{K_0} \frac{\rho'}{r} d\tau'$$

(1) *Comptes Rendus*. t. CVVII, p. 1.027 (26 décembre 1893). *La Lum. Elect.*, t. LII, p. 44.

(2) *Comptes Rendus*, t. CXVIII, p. 16 (2 janv. 1894).

(3) *Comptes Rendus*, t. CXVIII, p. 162, 223 et 271. *La Lum. Elect.*, t. LI, p. 401.

Digitized by Google

et par conséquent l'équation (7) devra être remplacée par

$$\frac{dF}{dx} + \frac{dG}{dy} + \frac{dH}{dz} = - K_0 \mu \frac{d\varphi}{dt}.$$

Nous avons donc à considérer les équations (3'), (4), (5), (21) et cette dernière.

Si nous nous plaçons dans les mêmes conditions qu'au paragraphe précédent, c'est-à-dire si nous supposons le diamètre du fil très petit et la perte par la surface nulle, les courants de conduction seront parallèles à l'axe du fil. En prenant cet axe pour axe des z nous avons $u = o$, $v = o$ en tout point du conducteur et pour avoir l'équation différentielle qui regit la propagation du courant de conduction nous n'avons à nous occuper que des équations qui contiennent w, ce sont

$$H = \mu \int \frac{w'}{r} d\tau', \qquad (3''')$$

$$R = - \frac{dH}{dt} + \frac{d\varphi}{dx} - \frac{d^2\chi}{dz\,dt}, \qquad (4''')$$

$$\frac{dH}{dz} = - K \mu \frac{d\varphi}{dt}, \qquad (9''')$$

$$w = cKR. \qquad (21''')$$

Des trois dernières nous déduisons

$$\frac{dw}{dt} = - cK \frac{d^2H}{dt^2} + \frac{c}{\mu} \frac{d^2H}{dz^2} - cK \frac{d^2\chi}{dz\,dt^2}$$

Dans un calcul rigoureux de H, il faudrait tenir compte des courants de polarisation produits dans le diélectrique environnant le fil. Mais pour un point de la surface du fil l'effet de ces courants est évidemment beaucoup moindre que celui des courants de conduction, car, d'une part, ceux-ci sont plus intenses que ceux-là, et, d'autre part, H contient en dénominateur la distance r qui, en général, est grande pour les courants de déplacement. Nous pouvons donc négliger ces derniers courants et poser

$$H = \mu A i$$

i étant l'intensité du courant de conduction et A un coefficient dépendant de la section du fil et de la distribution du courant sur cette section.

Nous pouvons également poser

$$w = Bi,$$

B étant un coefficient dépendant aussi de la section du fil et de la distribution du courant et qui serait égal à l'inverse de l'aire de la section si le courant était uniformément distribué sur cette section.

La dernière équation différentielle peut alors s'écrire

$$\frac{1}{c} \frac{B}{A} \frac{di}{dt} + K \mu \frac{d^2i}{dt^2} = \frac{d^2i}{dz^2} + \frac{K}{A} \frac{d^2\chi}{dz}, \qquad (19')$$

et l'on voit que la vitesse de propagation du courant dépend de χ et, par suite, de la forme attribuée à la fonction ψ qui entre dans l'expression du potentiel électrodynamique de deux éléments de courant. Si l'on prend, avec Helmholtz, $\psi = \frac{1 - k}{2} r$, on a ainsi que nous l'avons vu,

$$\frac{d^2\chi}{dz\,dt^2} = - (1 - k) \frac{d^2H}{dt^2},$$

et l'équation précédente devient

$$\frac{d^2i}{dz^2} = K \mu k \frac{d^2i}{dt^2} + \frac{1}{c} \frac{B}{A} \frac{di}{dt}. \qquad (19'')$$

Cette équation est de la même forme que l'équation (19 *bis*); elle conduit donc à des conclusions analogues : la propagation dans les fils s'effectue avec diffusion du courant et la vitesse du front de la perturbation est

$$V = \frac{1}{\sqrt{K \mu k}} \qquad (22$$

9. — Pour passer des équations de Helmholtz à celles de Maxwell dans le cas des diélectriques, il suffisait de faire $\chi = o$ et $K_0 = o$. Dans le cas des conducteurs, il suffit de faire $\chi = o$, ainsi qu'il est facile de le vérifier. Par conséquent, l'équation (19') devient

$$\frac{d^2i}{dz^2} K \mu \frac{d^2i}{dt^2} + \frac{1}{c} \frac{B}{A} \frac{di}{dt}. \qquad (19''$$

Le courant doit donc encore se propager en se diffusant et la vitesse du front de la perturbation est $\frac{1}{\sqrt{K\mu}}$.

Si l'on compare cette valeur de la vitesse à

Digitized by Google

celle que nous avons trouvé pour la propagation d'une perturbation électrique ou magnétique dans un diélectrique indéfini de pouvoir inducteur K et de perméabilité μ, on voit que ces deux valeurs sont égales. Par conséquent, si on produit une perturbation dans un fil, la perturbation qui prendra en même temps naissance dans le diélectrique environnant suivra la première dans sa propagation ; il en sera de même des perturbations produites dans le diélectrique par l'arrivée du courant en un point du conducteur et, par suite, les fronts de toutes ces perturbations se trouvent à chaque instant sur une même sphère, décrite de l'origine avec un rayon Vt, au-delà de laquelle le conducteur et le diélectrique ne sont pas troublés. Nous arrivons ainsi à cette conclusion déjà énoncée dans un autre article (1) et démontrée d'une autre manière : la vitesse de propagation dans un fil conducteur et dans le milieu diélectrique qui l'entoure est la même que si le fil n'existait pas.

10. — *Cas de perturbations périodiques.* Jusqu'ici nous n'avons rien supposé sur la forme de la perturbation à l'origine ; admettons qu'elle soit périodique et se continue pendant un temps suffisant pour que le régime permanent soit atteint en tout point de l'espace considéré.

Le régime permanent étant supposé atteint, il est évident que la loi de variation, en fonction du temps des quantités électriques en un point quelconque de l'espace, est périodique et que sa période est égale à la période T de la perturbation originelle. Par suite, l'espace se trouve rempli d'un système d'ondes périodiques dont la vitesse de propagation V' est, par définition, égale au quotient de la distance λ séparant deux points où les quantités électriques ont la même phase par la période T.

Dans le cas où la propagation d'une onde isolée s'effectue sans diffusion, la phase est la même en deux points A et B situés, l'un à une distance Vt du point où se produit la perturbation originelle, l'autre à une distance $V(t+T)$, V étant la vitesse de propagation d'une onde isolée. Par conséquent, on a alors $\lambda = VT$ et par suite $V' = V$.

Si la propagation s'effectue avec diffusion et si A et B sont deux points dont la différence des distances à l'origine est VT, V étant ici la vitesse de propagation du front de l'onde, il n'est plus certain qu'au même instant la phase soit la même en A et B puisque la perturbation dont le front arrive en B à un certain instant peut encore agir à cet instant sur le point A. Par conséquent λ est alors, en général, différent de VT et, par suite, V' différent de V ; on peut même prévoir que V' doit être plus petit que V et dépendre de la période T.

Or nous avons vu que, dans un milieu diélectrique, les perturbations électriques se propagent sans diffusion ; il en serait encore de même dans un fil *parfaitement* conducteur, car on voit que si on fait $r = o$ ou $c = \infty$ dans les équations (19), (19')(19'') et (19''') le terme en $\frac{di}{dt}$ disparaît.

De ces considérations, il résulte donc que, dans un diélectrique parfait et dans un fil conducteur, la vitesse de propagation des ondes périodiques est égale à la vitesse de propagation d'une onde isolée, tandis que dans un fil conducteur de conductibilité finie, la vitesse des ondes périodiques est moindre que celle du front d'une onde isolée, sa valeur dépendant de la période et des diverses quantités qui influent sur la diffusion, c'est-à-dire de la résistance et de la capacité de ce fil (1).

11. — *Cas des oscillations hertziennes.* Lorsque les perturbations sont extrêmement rapides, comme celles qui sont produites par l'excitateur de Hertz, les courants de conduction qu'elles introduisent dans les conducteurs ne peuvent pénétrer qu'à une très petite profondeur dans ces conducteurs. Ce fait, prévu

(1) *Propagation des perturbations électriques dans les fils conducteurs. La Lumière Electrique*, t. XLI, p. 101.

(1) Dans un article *Oscillations électriques dans les conducteurs cylindriques*, (*La Lum. Elect.*, CL, p. 301, 408, 468, 505) nous avons fait voir comment, en partant des équations de Maxwell, on arrive à des vitesses de propagation dépendant de la période, de la résistance et de la capacité.

Digitized by Google

théoriquement par Lord Kelvin, a été démontré expérimentalement par Hertz. Il peut s'interprêter en disant que, dans le cas d'oscillations très rapides, il ne peut se produire à l'intérieur d'un conducteur de différences de potentiel entre deux points. Or, si la conductibilité d'un corps était infinie, il ne pourrait pas non plus s'établir de différences de potentiels finies entre deux points de ce corps. Par suite, on peut dire que les conducteurs ordinaires se comportent comme des conducteurs parfaits par rapport aux perturbations très rapides.

Mais s'il en est ainsi, la propagation doit se faire sans diffusion et, d'après ce qui a été dit précédemment, la vitesse de propagation des perturbateurs périodiques doit être égale à celle d'une onde isolée. Reste donc à chercher l'expression de cette vitesse, dans les diverses théories, pour un conducteur parfait.

Pour cela, il nous suffit de faire $r = o$ ou $c = \infty$ dans les équations (19). Nous trouvons ainsi

$$\frac{d^2i}{dz^2} = K\mu\frac{d^2i}{dt^2}$$

lorsqu'on adopte les idées anciennes ou les idées de Maxwell sur l'électricité, et

$$\frac{d^2i}{dz^2} = K\mu k\frac{d^2i}{dt^2}$$

lorsqu'on se place dans les hypothèses de Helmholtz. Par conséquent, la vitesse de propagation des oscillations très rapides doit être $\frac{1}{\sqrt{K\mu k}}$ d'après Helmholtz et $\frac{1}{\sqrt{\mu K}}$ d'après Maxwell ou les théories anciennes.

Mais comme l'a fait remarquer M. Brillouin dans un compte rendu (1) du traité de M. Poincaré : *Electricité et Optique* l'assimilation des conducteurs ordinaires aux conducteurs parfaits pour les oscillations très rapides n'est pas exempte d'objections. On pourrait dire que si les courants ne peuvent pénétrer profondément dans les conducteurs c'est que ceux ci opposent une très grande résistance et on se trouverait alors amené à considérer la résistance comme infinie au lieu de la considérer comme nulle. Evidemment, on ne trouverait pas ainsi les résultats précédents.

Nous ne croyons pas cependant que la critique de M. Brillouin soit fondée, car, si la conductibilité n'était pas parfaite, les lignes de force électriques ne seraient pas normales aux surfaces des conducteurs et cette propriété a été démontrée de diverses manières par M. Poincaré. D'ailleurs, dans l'article que nous rappelions plus haut, nous donnions une méthode, empruntée à M. J.-J. Thomson, permettant de démontrer, sans s'appuyer sur l'hypothèse d'une conductibilité parfaite, ni sur celle de la perpendicularité des lignes de force aux conducteurs, que la vitesse des oscillations rapides est, d'après Maxwell, la même dans un fil conducteur et dans le milieu ambiant (1). Ce résultat étant conforme à celui que nous avons déduit ici de l'hypothèse de la parfaite conductibilité des conducteurs pour les oscillations rapides, nous regarderons cette hypothèse comme admissible et nous adopterons les conséquences qui en découlent.

12. — *Rappel des principaux résultats.* Ainsi en résumé :

I. Si l'on adopte les idées anciennes sur l'électricité, on trouve que :

1° Les perturbations électriques et magnétiques ont une vitesse infinie dans les diélectriques ;

2° Dans un conducteur de très faible rayon, la vitesse de propagation du front d'une onde isolée est celle d'un système d'ondes périodiques très rapides est égale à $\frac{1}{\sqrt{K\mu}}$.

II. Les vues de Helmholtz conduisent aux conclusions suivantes :

1° Les perturbations électriques peuvent se propager dans un diélectrique indéfini par ondes longitudinales et par ondes transversales ; la vitesse des premières dépend de la

(1) *Revue générale des sciences pures et appliquées* 30 avril 1891, p. 268. Voir également *La Lumière Electrique*, t. XLI, p. 460.

(1) *La Lumière Electrique*, t. L, p. 413.

Digitized by Google

fonction φ du potentiel électrodynamique et peut être infinie dans le vide ; celle des secondes est égale à $\frac{1}{\sqrt{(K - K_0)\mu}}$. Les perturbations magnétiques se propagent par ondes transversales avec une vitesse donnée par cette dernière expression ;

2° Dans un conducteur linéaire, le front d'une onde isolée et les oscillations périodiques très rapides se propagent avec une vitesse dépendant de ψ.

III. — Enfin, si l'on adopte les vues de Maxwell, on arrive à ces résultats :

1° Les perturbations électriques et magnétiques se propagent dans un diélectrique indéfini par ondes transversales avec une vitesse $\frac{1}{\sqrt{K\mu}}$.

2° Dans un conducteur linéaire et dans le milieux environnant, la vitesse de propagation du front d'une onde isolée et celle d'une série d'ondes périodiques très rapides est égale à $\frac{1}{\sqrt{K\mu}}$.

Les divergences de ces conclusions montrent quel intérêt capital s'attache aux recherches expérimentales ayant pour but la mesure des vitesses de propagation. Dans un prochain article, nous étudierons les méthodes et les appareils employés dans ces recherches.

(*A suivre.*)

J. BLONDIN.

EXTRAITS

DE LA PRESSE INDUSTRIELLE

COMMUNICATIONS

Détermination du rendement de moteurs et de dynamos sans emploi d'un frein dynamométrique; par C. Lenz.

Différentes méthodes ont été proposées et employées dans le but d'éviter les mesures mécaniques du travail dans la détermination du rendement de machines électriques. L'une des premières est la méthode d'Hopkinson, dans laquelle on n'a à effectuer qu'une seule mesure dynamométrique. Toutes les autres mesures sont purement électriques. Il est nécessaire d'employer deux machines de construction et de puissance peu différentes, une transmission et un dynamomètre, conditions qu'il n'est pas toujours aisé de remplir ; de plus la méthode est basée sur l'hypothèse inexacte de l'égalité de rendement de la machine, fonctionnant soit comme génératrice ou comme moteur.

Cette méthode est aujourd'hui bien connue. On sait que l'une des machines est reliée avec l'autre de telle façon qu'elle fonctionne comme moteur ; le travail de ce moteur est communiqué par courroie à une transmission qui actionne l'autre machine, la génératrice. Un dynamomètre permet d'évaluer la puissance, qui suffit à faire cette combinaison de machine, à une certaine vitesse angulaire.

Si nous désignons par α_1 la puissance fournie par la génératrice, et par α_2 la puissance mécanique indiquée au dynamomètre, $\alpha_1 + \alpha_2$ représente la puissance disponible. La partie α_2 de la puissance, sert à vaincre les résistances passives, les pertes ohmiques et hystérétiques. Le rendement total de la transmission d'énergie est donc représenté par

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} = \eta,$$

et en supposant égaux les deux machines accouplées, on a pour le rendement de chacune d'elles :

$$\eta = \sqrt{\frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2}}.$$

Il est nécessaire, naturellement, d'introduire une correction, pour tenir compte des pertes dans la transmission mécanique. Lorsque les deux machines sont rendues solidaires en couplant leurs arbres directement, comme l'a fait également Hopkinson, les termes de correction sont beaucoup moins importants.

Cette méthode se recommande principalement pour les cas où les moteurs mécaniques dont on dispose, ne sont pas assez puissants pour actionner la machine à essayer.

Hummel se sert, dans ce genre de recher-

Digitized by Google

ches, d'un moteur, dont la puissance a été étudiée, dans les conditions les plus variées de vitesse angulaire, de tension et d'intensité de courant; les résultats de cette étude sont inscrits graphiquement. On emploie alors ce moteur pour mettre en mouvement la machine qu'il s'agit d'étudier.

A l'aide des courbes, on lit la puissance mécanique qui correspond à la puissance électrique amenée au moteur. Il ne reste alors, qu'à mesurer la puissance fournie par la machine, pour en déduire immédiatement le rendement.

Ce mode de procéder, présente l'inconvénient de nécessiter des recherches préalables, comportant des mesures de puissance mécanique. Toutefois, dans un atelier de construction, où les essais sont nombreux, on peut avoir avantage à appliquer cette méthode, en se servant toujours d'un même moteur, étudié une fois pour toutes. Mais on perd considérablement en précision, lorsque la machine que l'on essaye, est de puissance très différente de celle du moteur.

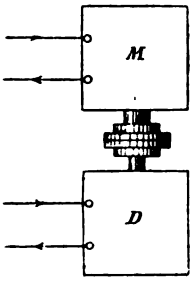


Fig. 1.

Cardew a employé pour les mesures de ce genre, trois dynamos accouplées mécaniquement et électriquement. Trotter a simplifié cette disposition. Mais ces méthodes reposent encore sur la supposition que les machines présentent le même rendement, comme moteurs, que comme génératrices.

Pour arriver à déterminer le rendement d'une machine, par des mesures purement électriques, et non basées sur l'hypothèse précédente, l'auteur indique(1) la méthode suivante. Le moteur M (fig. 1), dont on veut déterminer le rendement, est accouplé avec la dynamo D, de préférence une machine shunt. L'accouplement doit être élastique et pouvoir être débrayé.

La première mesure se fait lorsque le moteur débrayé, tourne à vide; la puissance électrique qu'il absorbe dans ce cas, en tournant à la vitesse normale, est L_m.

Ensuite M est embrayé avec D excitée séparément. Il est inutile de mesurer le courant d'excitation, il suffit de le maintenir constant. La mesure suivante a pour but, la détermination de la puissance électrique, qu'absorbe alors le moteur; en en déduisant L_m, on obtient L_D, puissance dissipée par hystérésis,

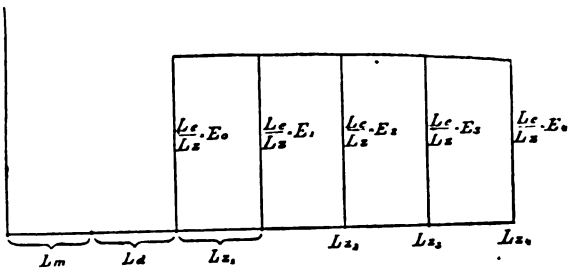


Fig. 2

dans le moteur et dans la dynamo, et pertes, par frottement, dans cette dernière. A vitesse angulaire et excitation égales, cette perte peut être considérée comme constante; on a d'ailleurs aussi L_m = constante.

La troisième mesure se fait avec la dynamo sous charge. Soit L_z l'excès de puissance électrique qu'il faut amener au moteur, dans ce cas, et soit L_e la puissance totale engendrée par la dynamo. Nous prenons le quotient $\frac{L_e}{L_z} = E$ pour différentes charges, depuis la charge maxima, jusqu'à l'ouverture du circuit de la dynamo, et nous portons en abcisses, les sommes $L_m + L_D + L_z$ et en ordonnées les quotients correspondants $\frac{L_e}{L_z}$; la courbe obtenue diffère très peu d'une droite parallèle à l'axe des abcisses.

Soit E' la valeur correspondant à la moindre charge et en posant $E' = E^0$ pour $L_e = o$, c'est-

(1) *Zeitschrift für Elektrotechnik*, juillet 1894, p. 352.

Digitized by Google

à-dire égal au rapport $\frac{L_c}{L_z}$ pour la marche à vide de la dynamo, nous pouvons déterminer la puissance fournie par le moteur, lors de la deuxième mesure (marche à vide de la dynamo excitée). On doit, en effet, pouvoir écrire

$$L_D E_o = L_z,$$

s'il est admis que pour deux charges assez peu différentes

$$\frac{L_c}{L_z} = \frac{L'_c}{L'_z}.$$

L'exactitude de cette supposition est d'ailleurs confirmée par la forme de la courbe $\frac{L_c}{L_z}$ (fig. 2).

Ces mesures nous donnent immédiatement le rendement aux différentes charges, puisque nous connaissons la puissance absorbée par le moteur et celle qu'il a fournie. La première est égale à $L_m + L_D + L_z$, l'autre équivaut à $L_D E_o + L_c$, donc, le rendement

$$\eta = \frac{L_D E_o + L_c}{L_m + L_D + L_z} = \frac{C_1 + L_c}{C_2 + L_z}.$$

S'il s'agit d'une machine dynamo, on peut également en déterminer le rendement, en actionnant la machine par un moteur pour lequel on détermine la courbe $\frac{L_c}{L_z}$. La dynamo doit ici produire elle-même son excitation.

Solution graphique de quelques problèmes pratiques relatifs aux dynamos à courant continu, par J. Fischer-Hinnen. (1).

IV. Calcul de régulateurs d'excitation

Les régulateurs d'excitation shunt peuvent être combinés dans les différents buts suivants:

1° Pour obtenir une différence de potentiel constante aux bornes à charge variable, mais vitesse angulaire constante ;

2° Pour maintenir constante la différence de potentiel aux bornes pendant que la vitesse varie ;

3° Pour compenser à la fois l'influence des variations de la charge et de la vitesse angulaire ;

4° Pour faire varier d'une manière quelconque la tension de la machine.

PROBLÈME I: *Régulation de machines shunt à charge variable.* — Nous adopterons pour la figure 6 les désignations suivantes :

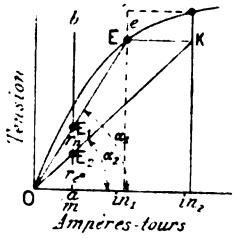


Fig 6.

E différence de potentiel aux bornes,
r_c résistance des électros,
r_w « du régulateur,
m nombre de spires par circuit magnétique.

Nous supposerons que l'on dispose, pour actionner la dynamo, d'un moteur à vitesse angulaire bien constante, et que la disposition soit telle qu'à pleine charge le régulateur ne présente plus de résistance ou soit mis en court cirduit.

Il faut rechercher quelle est la résistance à mettre en série avec les électros afin que la tension reste la même pendant la marche à vide qu'à pleine charge. On détermine d'abord les intensités du courant d'excitation pour les deux régimes extrêmes, marche à vide i_1, pleine charge i_2 en cherchant, comme il a été montré plus haut, le nombre d'ampères-tours correspondant aux tensions E et E + e. On a alors

$$= \frac{in_1}{m} \quad \text{et} \quad i_2 = \frac{in_2}{m}.$$

D'autre part,

$$r_c + r_w = \frac{E}{i_1} = \frac{mE}{in_1} = \operatorname{tang} \alpha_1.$$

$$r_c = \frac{E}{i_2} = \frac{mE}{in_2} = \operatorname{tang} \alpha_2.$$

Mais les valeurs de r_c et $r_c + r_w$ peuvent être déduites directement. Il suffit de mener une parallèle à l'axe des ordonnées à la dis-

(1) L'*Eclairage Electrique* du 22 septembre 1894, p. 72.

Digitized by Google

tance m. Cette parallèle coupe les droites EO et KO aux points E_1 et E_2, et ces points donnent aussi les relations

$$\text{tang}\,\alpha_1 = \frac{mE_1}{m} = E_1 = r_e + r_m,$$

$$\text{tang}\,\alpha_2 = \frac{mE_2}{m} = E_2 = r_e.$$

Les longueurs de E_1 et E_2 donnent donc une mesure directe des résistances ; et l'on trouve

$$E_1 - E_2 = r_m$$

c'est-à-dire égal à la résistance additionnelle cherchée.

Exemple : Une dynamo shunt de 100 volts et 50 ampères présente les propriétés magnétiques caractérisées par la figure 7. La résistancé de réglage doit permettre de maintenir la tension constante à tous les régimes.

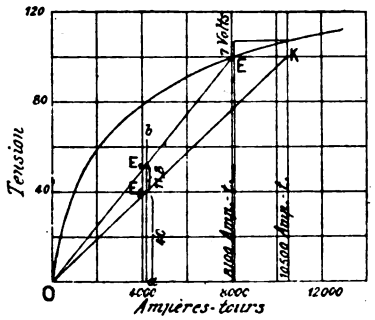


Fig. 7.

Résistance de l'induit = 0,14 ohms (donnée),
Perte de tension à 50 ampères :

$$0{,}14 \times 50 = 7 \text{ volts.}$$

La caractéristique montre que :
à vide $in_1 =$ 8100 ampères-tours
à pleine charge $in_2 =$ 1050 ampères-tours

Si nous admettons une perte de 5 o/o dans l'enroulement, on voit que les électros doivent être enroulés chacun de

$$\frac{10500}{0{,}05 \times 50} = 4200 \text{ spires.}$$

Le calcul donne ensuite

$$r_e + r_m = \frac{mE}{in_1} = \frac{4200 \times 100}{8100} = 51{,}8 \text{ ohms,}$$

$$r_e = \frac{mE}{in_2} = \frac{4200 \times 100}{10500} = 40 \text{ ohms,}$$

$$r_m = 51{,}8 - 40 = 11{,}8 \text{ ohms.}$$

Ces chiffres peuven encoret être lus assez exactement si l'on mène à la distance

$$m = 4200$$

la parallèle $a\,b$ à l'axe des ordonnées. La longueur $E_1\,E_2$ comprise entre les points d'intersection donne également la valeur 11,8 pour la résistance de réglage.

Si la machine comporte deux électros dont les bobines ont 0,52 m. de circonférence moyenne, le fil de l'enroulement doit présenter une section de :

$$\frac{2ml}{60\,r_e} = \frac{2 \times 4200 \times 0{,}52}{60 \times 40} = 1{,}82\ mm^2.$$

PROBLÈME 2 : *Régulation de machines shunt à vitesse angulaire variable.* — Pour la simplicité, nous admettrons d'abord que la machine marche à vide ou avec assez peu de courant pour rendre négligeable la perte de tension dans l'induit.

v — vitesse angulaire normale
v_1 = « « anormale maxima ou minima,

$$\frac{v_1}{v} = \gamma$$

γ sera supérieur ou inférieur à 1 selon le sens de variation de la vitesse angulaire.

Pour obtenir la caractéristique de la machine correspondant à la vitesse anormale, on multiplie toutes les ordonnées de la caractéristique primitive, courbe I (fig. 8 et 9), par γ. La

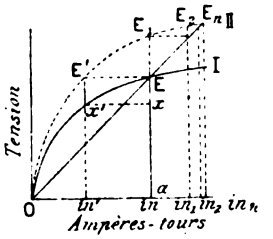


Fig. 8.

courbe II de la figure 8 indique le résultat de la multiplication pour une augmentation de vitesse, la courbe II de la figure 9 pour une diminution de vitesse.

Digitized by Google

Soit E la tension de la machine avec auto-excitation et à la vitesse angulaire normale v. Si l'on relie E avec O par une droite que l'on prolonge au-delà de E, le point d'intersection E_n de cette droite avec la courbe II correspond à la tension que fournirait la machine à la vitesse anormale. Nous nous contenterons de le démontrer pour le cas d'une augmentation de vitesse, la démonstration étant analogue pour le cas contraire.

Au début, la tension E croît jusqu'en E_1 par suite de l'augmentation de vitesse ; mais en même temps le courant d'excitation de la machine augmente comme la différence de potentiel aux balais. La force magnétomotrice correspondante croît de in à in_1. A cette valeur de l'excitation correspond la tension E_2, la force magnétomotrice devient in_2, etc.

Il est évident, qu'un état d'équilibre doit s'é-

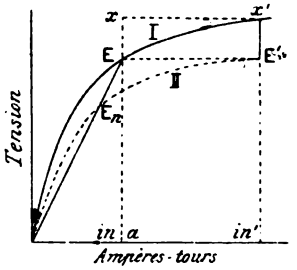


Fig. 9.

tablir au point d'intersection de la droite EO avec la courbe II.

En réalité, on cherche, au contraire, à maintenir constante la tension de la machine. A cet effet, on cherche sur les courbes II le nombre d'ampères-tours donnant la tension E. Désignons-le par in'.

On voit immédiatement que la courbe auxiliaire II est, en somme, inutile pour la résolution du problème. Puisque le nombre d'ampères-tours correspondant d'après la courbe II à la tension $E' = E$ coïncide avec celui nécessaire pour la tension

$$x' = \frac{E'}{\gamma} = \frac{E}{\gamma}$$

à vitesse normale, il suffit de chercher sur la verticale aE, à la distance $\frac{E}{\gamma}$ de a, le point x et de mener la parallèle xx'. L'abscisse du point d'intersection x' représente le nombre d'ampères-tours cherché.

$$\text{Pour } \gamma > 1 \quad \text{on a} \quad in' < in$$
$$\text{Pour } \gamma < 1 \quad \text{«} \quad in' > in.$$

Dans le premier cas, il faut donc diminuer l'excitation en ajoutant des résistances au circuit des électros, dans le second cas, il est nécessaire d'augmenter l'intensité du courant d'excitation en diminuant la résistance du shunt, ce qui n'est possible naturellement que si le circuit des électros contient déjà à vitesse normale une certaine résistance de régulation r_w.

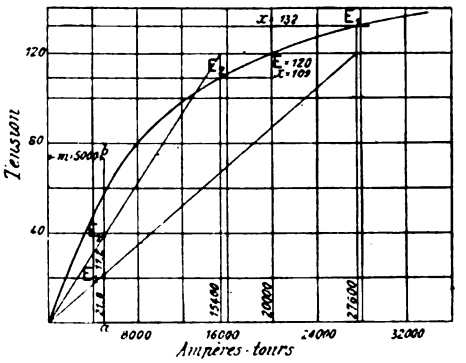


Fig. 10.

Ces résistances se calculent, en définitive, comme suit :

Pour $v_1 > v$

$$r_c + r_w = \frac{E}{\frac{in'}{m}}, \qquad r_c = \frac{E}{\frac{in}{m}},$$

D'où

$$r_w = mE\left(\frac{1}{in'} - \frac{1}{in}\right).$$

Pour $v_1 < v$:

$$r_c + r_w = \frac{E}{\frac{in}{m}}, \qquad r_c = \frac{E}{\frac{in'}{m}},$$

D'où :

$$r_w = mE\left(\frac{1}{in} - \frac{1}{in'}\right).$$

En menant, comme dans l'exemple précédent, à la distance m une parallèle à l'axe des

Digitized by Google

ordonnées, on peut lire directement les valeurs de ces résistances.

EXEMPLE : Une dynamo de 125 ampères (fig. 10) doit donner une tension constante de 125 volts, à vide et avec des variations de vitesse angulaire de 9 o/o au-dessous et de 10 o/o au-dessus de la normale. Comment faut-il proportionner les électros et la résistance additionnelle, si la perte de tension dans les électros peut-être de 3,2 o/o à vitesse normale.

3,2 o/o de perte correspondent à 4 ampères.

Nombre de spires par électro :

$$= \frac{20.000}{4} = 5{,}000.$$

Une augmentation de vitesse donne :

$$\gamma = 1{,}1 \; ; \quad x_2 = \frac{1}{\gamma} \times 120 = 109 ;$$

Un abaissement de vitesse,

$$\gamma = 0{,}61 \; ; \quad x_8 = \frac{1}{\gamma} \times 120 = 132.$$

Nombre d'ampères-tours pour augmentation de vitesse = 15.400, pour diminution de vitesse = 27,600.

$$r_e + r_w = \frac{5000 \times 120}{15400} = 39 \text{ ohms},$$

$$r_e = \frac{5000 \times 120}{27{,}00} = 21{,}8 \text{ ohms},$$

$$r_w = 39 - 21{,}8 = 17{,}2 \text{ ohms}.$$

Voir aussi la détermination graphique de r_e et r_w.

PROBLÈME 3. — *Compensation de variations de charge et de vitesse angulaire.*

La résistance de réglage cherchée, satisfait évidemment à toutes les conditions, si elle permet de maintenir la tension constante aussi bien pour la marche à vide et la vitesse maxima que pour la vitesse minima et la pleine charge.

De ces deux cas extrêmes, le premier a déjà été considéré au problème 2.

Pour résoudre la seconde question, nous nous servons encore de la courbe I de la figure 9, pour marche à vide et vitesse normale v, et de la courbe II pour la vitesse inférieure v_1.

$$\frac{v_1}{v} = \gamma.$$

Si E désigne la différence de potentiel à maintenir constante, qui nécessite à vitesse normale et à vide in ampères-tours (fig. 11), on trouve la force magnéto-motrice à vitesse plus petite en cherchant sur la courbe II l'abscisse in_2 correspondant à

$$E_1 = E + e.$$

Il est clair, d'ailleurs qu'à cet effet la courbe auxiliaire II n'est pas indispensable, puisque in_2 est l'abscisse à la fois de E_1 sur la courbe pour vitesse diminuée et de E_2 sur la courbe pour vitesse normale.

Cette remarque conduit à la marche suivante :

Ajoutons à E la perte de tension e divi-

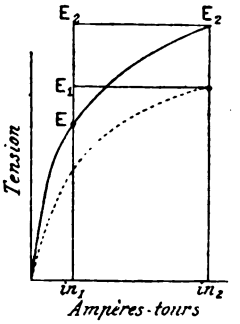


Fig. 11.

sons la somme par et cherchons pour la tension E_2 ainsi trouvée, le nombre d'ampères-tours correspondant sur la caractéristique originale de la dynamo.

A cette occasion, montrons aussi comment ces résultats permettent de calculer la section q du fil des électros.

m = nombre de spires par bobines.

m_1 = nombre de bobines en séries ;

l = longueur d'un enroulement d'électros, en mètres.

D'après la loi d'Ohm, nous avons :

$$in_1 = \frac{Em}{r_e} = \frac{mE}{mm_1 \frac{l}{609}},$$

D'où

$$q = \frac{in_2 m_1 l}{E\,60}.$$

Digitized by Google

C'est donc cette section que doit présenter le fil de l'enroulement pour que la différence de potentiel aux balais, soit E à la vitesse minima v_1 et E_1 à charge maxima, la résistance de réglage étant alors en court circuit.

Pour la marche à vide à la vitesse maxima, il faut ajouter in_1 ampères-tours. Dans ce cas, le rhéostat de réglage doit présenter une résistance r_w.

$$r_w = \frac{Em}{in_1} - r_e = \frac{Em}{in_1} - \frac{Em}{in_2},$$

ou

$$r_w = Em\left(\frac{1}{in_1} - \frac{1}{in_2}\right).$$

EXEMPLE : Il s'agit de disposer la résistance additionnelle et l'enroulement d'une machine de 60 volts aux balais (avec 3 volts de perte dans l'induit) et de 30 ampères, de telle façon que la différence de potentiel aux balais reste constante pour toutes les charges et pour des

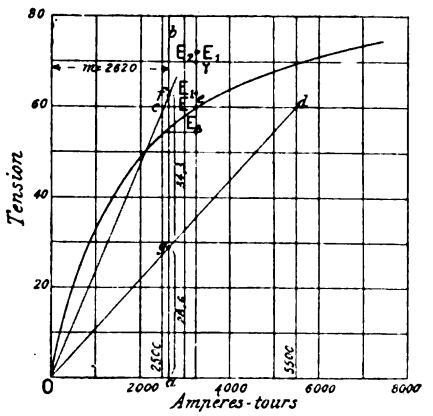


Fig. 12.

variations de vitesse pouvant aller jusqu'à 10 o/o au-dessus et au-dessous de la normale.

La caractéristique de cette machine est donnée par la figure 12.

a) Détermination de *ni* pour la vitesse minima et le courant maximum.

$$E_1 = E + e = 60 + 3 = 63 \text{ volts};$$

$$\gamma = \frac{r_1}{v} = 0{,}9;$$

$$E_2 = \frac{E_1}{\gamma} = \frac{63}{0{,}9} = 70 \text{ volts};$$

$$in_2 = 5500$$

b) Détermination de *ni* pour la vitesse maxima et le courant minimum.

$$\gamma = \frac{r_1}{v} = 1{,}1;$$

$$E_3 = \frac{E}{\gamma} = \frac{60}{1{,}1} = 54{,}5 \text{ volts};$$

$$in_1 = 2500$$

c) Calcul de la section du fil inducteur et du nombre de spires pour $m_1 = 2$; $l = 0{,}5$ m.

$$q = \frac{5500 \times 2 \times 0{,}5}{60 \times 60} = 1{,}53 \ mm^2.$$

Si l'on admet une perte de courant de 7 o/o = 2,1 ampères dans les électros, on obtient

$$\frac{5550}{2{,}1} = 2620 \text{ spires par bobine.}$$

d Calcul de la résistance additionnelle.

Des points d'intersection *c* et *d* des ordonnées correspondant à 2.500 et 5.500 ampères-tours avec l'horizontale passant par E on mène des droites au point O ; puis on élève une verticale à la distance $m = 2.620$ de l'axe des ordonnées. On obtient ainsi les points d'intersection *g* et *f* et la longueur *ag* est égale à la résistance des électros, et la longueur *gf* égale à la résistance additionnelle cherchée.

Le résultat peut être contrôlé comme suit :

$$r_e + r_w = \frac{mE}{in_1} = \frac{2620 \times 60}{2500} 62.9 \text{ ohms.}$$

$$r_e = \frac{E}{i} = \frac{60}{2{,}1} = 28{,}6 \text{ ohms}$$

$$r_w = 62{,}9 - 28{,}6 = 34{,}3 \text{ ohms.}$$

PROBLÈME. — *Variation de la tension aux balais.*

Admettons que l'on veuille faire varier la différence de potentiel aux balais entre les limites E_1 minimum et E_2 maximum, et cela indépendamment de l'intensité du courant dans l'induit.

C'est ce qui est possible dans toutes les circonstances si l'enroulement inducteur et la résistance additionnelle sont disposés pour les cas suivants :

Sans résistance additionnelle,

Différence de potentiel $= E_2$;

Avec toute la résistance en série,

Différence du potentiel $= E_1$.

Digitized by Google

La caractéristique donne, par exemple, pour E_1 une force magnétomotrice $i\,n_1$ et pour E_2 aux balais ou $E_2 + e$ volts de force électromotrice, une force magnétomotrice in_2.

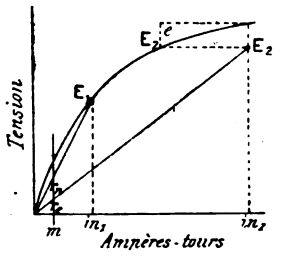


Fig. 13.

Nous tirons de ces données la section du fil inducteur

$$q = \frac{in_2\, m_1 l}{E_2\, 60}.$$

D'autre part,

$$in_2 = \frac{mE_2}{r_c},$$

$$in_1 = \frac{mE_1}{r_c + r_w},$$

D'où

$$r_w = m\left(\frac{E_1}{in_1} - \frac{E_2}{in_2}\right).$$

Cette résistance est obtenue directement sur la figure 13, en prenant comme plus haut une parallèle à l'axe des ordonnées, à la distance m.

(A suivre.) A. H.

La Transmission d'énergie de Laucherthal à Sigmaringen (Allemagne)

L'*Elektricitats Aktiengesellschaft* a utilisé aux forges de Laucherthal, pour la mise en mouvement des machines, une chute d'eau de 9,50 m. de hauteur, distante de 5 kilomètres de Sigmaringen. La totalité de la puissance produite n'étant pas absorbée par les forges, on a décidé d'utiliser le surplus pour l'éclairage de Sigmaringen. L'installation, réalisée récemment présente des particularités intéressantes.

La station primaire, placée à Laucherthal comporte deux turbines Voith d'une puissance de 182 chevaux chacune, tournant à la vitesse angulaire de 115 tours par minute. Une turbine fonctionne seule normalement, l'autre servant de réserve. La turbine en marche entraîne 2 dynamos à courant continu de 90 chevaux, une troisième machine étant destinée à servir de secours.

Les dynamos sont à 4 pôles, excitées en série, et fournissent 61 ampères sous 1,100 volts c'est-à-dire 67 kilowatts chacune. Elles sont reliées en tension pour alimenter le circuit à 3 fils qui dessert la sous-station de Sigmaringen.

Des dispositions particulières sont prises à la station génératrice pour les cas d'accidents tels que rupture de la ligne de transport, court-circuits, etc.

La canalisation, à 3 fils comme nous l'avons vu et de 5 kilomètres de longueur est formée de deux câbles de cuivre de 40 mm² de section et d'un de 20 mm² supportés, par des isolateurs en porcelaine fixés sur des poteaux en bois de 12 mètres de hauteur espacés de 45 mètres. Précaution excellente, des parafoudres sont placés tous les 180 mètres.

La station secondaire, installée dans un pavillon d'aspect élégant, renferme 3 transformateurs à courant continu, le troisième servant de réserve, et constitués chacun par deux dynamos à 4 pôles montées sur le même axe. L'une, excitée en série, sert de moteur, elle reçoit aux balais, à pleine charge, 61 ampères sous 940 volts de sorte que la perte en ligne est d'environ 15 o/o au moment de la pleine charge Dans ces conditions, le moteur entraîne à la vitesse de 110 tours par minute la dynamo-génératrice excitée en shunt, qui peut produire 170 ampères sous 260 volts, et sert à la charge d'une batterie d'accumulateurs Pollak.

Les deux génératrices en fonction sont d'ailleurs couplées en tension et peuvent alimenter directement au besoin, le réseau de distribution secondaire, qui est aussi à 3 fils.

Une ligne téléphonique, suivant la ligne de transport, permet entre l'usine génératrice

Digitized by Google

les communications nécessaires aux manœuvres.

Le rendement total de l'installation, non compris la distribution secondaire, peut atteindre 70 o/o.

L'installation, a été terminée à la fin de 1893.

Depuis cette époque elle alimente 3,000 lampes à incandescence, 20 lampes à arc et un grand nombre de moteurs électriques.

Pile Hervett (1894)

Le charbon est constitué par quatre plaques C, paraffinées dans le haut, reliées par une lame d'aluminium *d* de 1 mm. $\frac{1}{2}$ d'épaisseur, passée entre elles de manière à les entourer sur trois faces, et serrées par les boulons d'aluminium *e* et *f*. Cette garniture soutient les charbons sur le couvercle d'ébonite C, qui laisse aussi passer la borne d'aluminium *k h* du zinc J, séparé du charbon par le vase poreux B. Le tout est enveloppé de l'auge en verre A.

On emploie dans le vase poreux un liquide dépolarisant en traitant une dissolution saturée de sulfate de soude par son volume d'acide sulfurique à 66° Beaumé. On laisse refroidir on décante au bout d'une douzaine d'heures et l'on ajoute au liquide décanté le septième de son volume d'eau. Dans l'auge on verse une dissolution de chlorure de sodium additionné d'un peu de sulfate de soude. C. R.

Ligne flottante pour la propulsion électrique des bateaux.

On sait que dans ces derniers temps, la propulsion électrique des grandes embarcations a été introduite sur plusieurs canaux. Comme pour les tramways, le courant peut être envoyé aux moteurs des bateaux par l'intermédiaire d'un trolley courant le long d'une ligne aérienne établie le long de la rive.

Mais dans la navigation sur les lacs, les canaux ou les cours d'eau de grande largeur, le cas peut se présenter, où la communication entre le bateau et la ligne riveraine ne peut

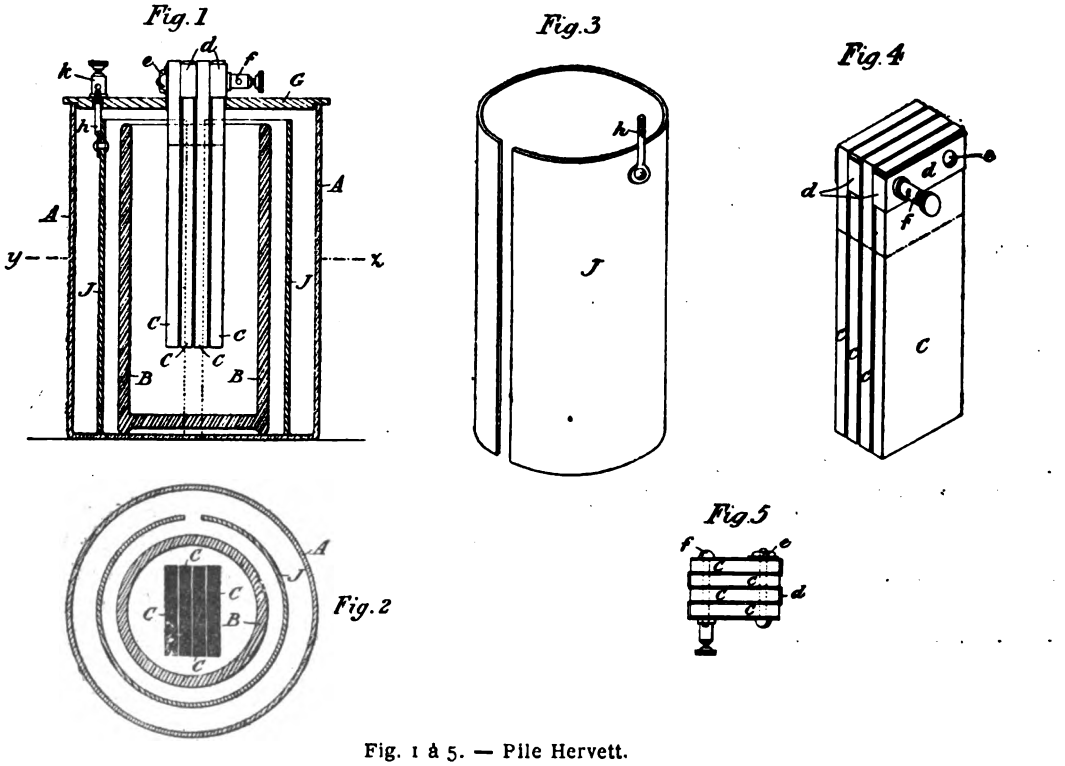


Fig. 1 à 5. — Pile Hervett.

Digitized by Google

plus se faire pratiquement, en raison de la grande distance séparant les points à relier.

On peut alors avoir recours à des lignes flottantes établies au milieu de l'eau sur le passage des embarcations. La maison Siemens et Halske fait usage du modèle de ligne flottante représenté par la figure 1. Le flotteur B

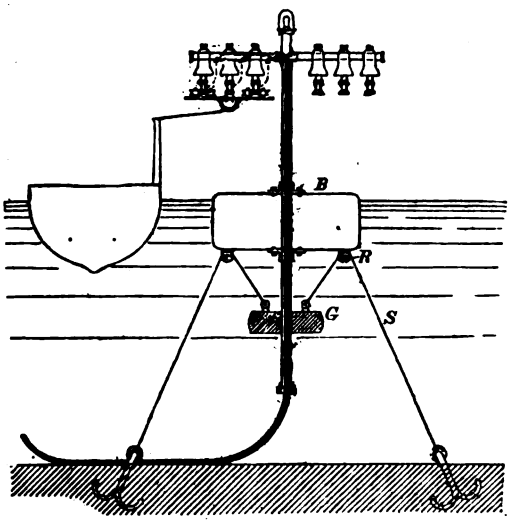


Fig. 1

est traversé verticalement par un poteau tubulaire donnant passage au câble amenant le courant aux lignes que supporte le poteau. Ce flotteur est amarré à des chaînes S solidement ancrées, passant sur des poulies R et portant un poids G qui en assure la tension constante, en même temps qu'il laisse à l'ensemble une certaine latitude de se déplacer avec les mouvements ascendants et descendants de l'eau.

Isolateur pour hautes tensions.

Les propriétés isolantes de l'huile sont appliquées par M. de Ferranti dans le dispositif d'isolateur que représente la figure 1. Un fil tendu *s*, formé d'une substance fibreuse ou simplement recouvert de fibres est imbibé d'huile par les récipients *o*. L'un de ces récipients, celui qui n'est en contact qu'avec ce fil, porte sur un crochet la ligne à haute tension *l*.

L'influence de l'humidité semble ne pas

Fig. 1.

pouvoir se faire sentir sur un isolateur ainsi disposé.

Fusée Mason
(Compagnie Winchester) (1894)

Cette fusée, destinée à la mise en feu électrique des canons, se compose d'une capsule en fer A, A, avec gorges d'attache *a*, *a*, dans

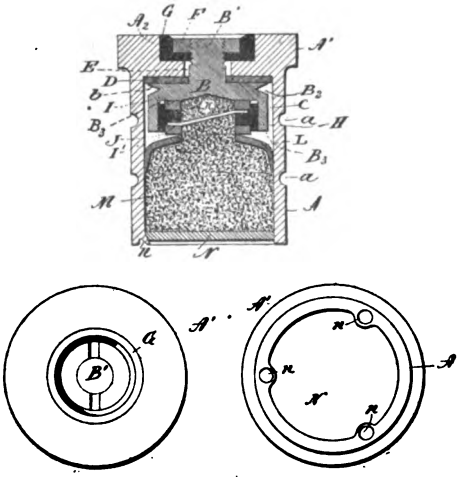


Fig 1 à 5. — Fusée Mason.

laquelle la tête B, B, est fixée par l'écrou en bronze F, isolé en G. L'isolement de la tête

Digitized by Google

B, B, est assuré par le mica D et par les vides E et *c*; elle est entaillée d'une gorge B_3, dont le bord *b* s'écrase sur D lors de l'explosion et empêche toute fuite.

Le fil de platine iridié *j* est appuyé sur une bourre d'ébonite H prise, avec vide isolant B_2, entre deux rondelles en bronze I, I, enfoncées à frottement dans H. Ces rondelles maintiennent parfaitement le fil J et lui assurent, malgré son très faible diamètre, un bon contact, sans soudure. On peut d'ailleurs facilement essayer ce fil tout monté avant la pose de l'ensemble H, I, I', J, dans la fusée. Cette fusée est complétée par une capsule élastique en bronze P; une charge de fulmi-cotan en *k* et de poudre en M, avec fond en carton N, retenu par les saillies rabattues *n*, *n*, *n*. A la mise en feu, le courant passe par le canon (A, L, I', J, I, B, B'), en faisant rougir J.

C. R.

Commutateur à mercure Siemens et Grunston (1894)

Le bras de ce commutateur est formé de deux lames recourbées tranchantes F F. Dans

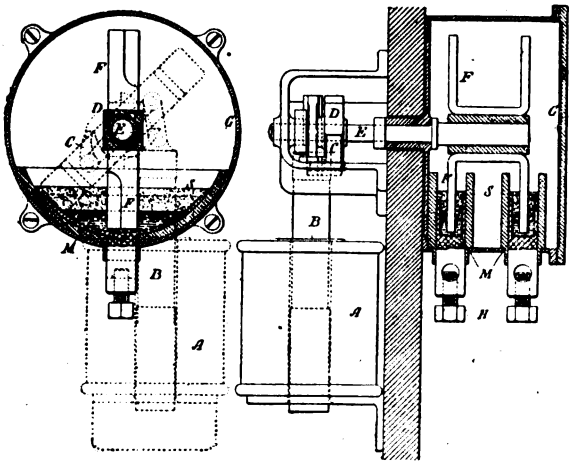


Fig. 1.

la position figurée en traits pleins, l'une de ces lames plonge dans le bain de mercure M, protégé par une couche de sable S, et ferme le circuit des bornes H. Quand l'électro A attire son armature B, il fait, par le cliquet C et le rochet D, tourner E F d'un quart de tour, ce qui amène les bras dans la position pointillée, où le contact est rompu; puis, après le passage de ce courant, un ressort ramène C et B dans leurs positions primitives, prêts à faire encore pivoter F F d'un quart de tour et refermer H.

Le sable S protège le mercure contre l'oxydation, et empêche les étincelles.

G. R.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ET DES

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Sur la relation entre le courant photo-électrique et la position du plan de polarisation de la lumière excitante par rapport à la surface de la cathode, par J. Elster et H. Geitel (1).

« Dans beaucoup de cas il est possible d'abaisser le potentiel requis pour la décharge spontanée d'un courant électrique à travers un gaz en exposant la cathode à l'action de la lumière. Pour la même différence de potentiel l'intensité du courant dépend de la nature de la cathode, de celle du gaz et de celle de la lumière. Tandis que les cathodes de platine, de mercure, de cuivre et de plusieurs autres métaux demandent à être éclairées par une lumière de grande intensité riche en rayons ultra-violets, des cathodes de sodium, de potassium et de rubidium, placées dans une atmosphère d'hydrogène à la pression d'environ

(1) *Berliner-Berichte*, 8 Février 1894.

Digitized by Google

0,3 mm., donnent des courants pouvant être mesurés galvanométriquement, même avec une lumière faible ne contenant que des radiations voisines des raies visibles.

« On peut se demander si cette action de la lumière sur la décharge électrique dépend de l'orientation des vibrations par rapport à la surface éclairée.

« Des expériences avec une lumière ultra-violette polarisée d'une intensité suffisante sont difficiles, cette lumière étant absorbée par les appareils polarisants ordinaires comme les piles de Nicol; les plaques de tourmaline, les piles de glaces, etc.; il ne reste que la réflexion comme moyen de polariser la lumière, mais même avec cette méthode, des pertes considérables de lumière sont inévitables. Ainsi M. Wanka, n'a pu, dans le phénomène analogue, découvert par Hertz, du développement des étincelles électriques par la lumière ultra-violette, mettre en évidence l'influence de la direction de la vibration lumineuse.

« Cette difficulté disparaît avec les cathodes en métaux alcalins puisqu'on peut alors opérer avec la lumière ordinaire polarisée ; mais, une autre difficulté se présente : il faut obtenir dans le vide une surface polie et, autant que possible, plane de la cathode. On satisfait à cette condition en prenant une cathode en alliage de potassium et de sodium, lequel est liquide à la température ordinaire; quand cet alliage est mis en quantité suffisante dans la chambre du récepteur la portion centrale de sa surface est plane et horizontale.

« Nous avons étudié comme il suit l'action photo-électrique de la lumière polarisée.

« Dans le circuit d'une batterie voltaïque d'environ 250 volts sont placés un galvanomètre, un commutateur et une pile sensible de l'alliage liquide de sodium et de potassium ayant la forme indiquée dans les Wiedemann's *Annalen* (t. XLII, p. 564) est insérée de telle sorte que la surface de l'alliage communique avec le pôle négatif. Afin que le faisceau lumineux actif ait une section constante, la pile est recouverte d'un vernis opaque à l'exception d'un petit cercle de 15 mm. de diamètre tourné du côté de la source lumineuse. Elle est disposée de façon que les rayons parallèles entrant par l'ouverture centrale frappent le centre de la surface métallique sous un angle d'environ 65°. Entre la source lumineuse et la pile se trouvent une lentille destinée à rendre les rayons parallèles et un appareil polarisant (prisme de Nicol ou pile de glaces).

« Si l'on fait tourner l'appareil polarisant et qu'en même temps on mesure l'intensité du courant avec le galvanomètre, on observe deux maxima et deux minima par tour entier. Les minima se produisent quand le plan de polarisation de la lumière est parallèle au plan d'incidence des rayons sur la cathode; les maxima sont à 90° des minima. Le rapport des maxima aux minima est environ de 10 à 1. Si, pendant que le plan de polarisation est parallèle au plan d'incidence, on place une lame de quartz normale à l'axe d'environ 2 mm. d'épaisseur sur le trajet de la lumière polarisée le courant devient environ 7 fois plus intense, ce qui correspond à la rotation du plan de polarisation produite par le quartz. Quand le plan de polarisation est perpendiculaire au plan d'incidence, la lame de quartz produit un effet opposé : l'intensité du courant diminue, comme on devait s'y attendre, dans une proportion correspondante. A part un léger affaiblissement du courant dû à la perte de la lumière résultant de son interposition, une lame de verre n'a aucun effet, quelle que soit la position du plan de polarisation.

« D'après les expériences de MM. Trouton (1), Klémencic (2) et Righi (3), on doit considérer comme parfaitement démontré que, dans les rayons de force électriques de Hertz le plan de polarisation est perpendiculaire à la direc-

(1) *Nature*, t. XXXIX, p. 393. *La Lum. Elec.* t. XXXI, p. 628 (1889).

(2) *Wied. Ann.* t. XLV, p. 77 (1892). *La Lum. Elec.* t. XLIII, p. 627.

(3) *Rend. della R. Ac. dei Lincei*, t. XI, p. 161. *La Lum. Elect.* t. L, p. 51. (Voir également la communication récente du même auteur, *Eclairage Electrique*, t. I, p. 34).

Digitized by Google

tion du déplacement électrique. Si l'on regarde comme analogue le mouvement dans les rayons lumineux, le résultat de nos expériences peut être exprimé ainsi :

« Le courant électrique lumineux atteint son maximum quand le déplacement électrique dans le rayon lumineux est situé dans le plan d'incidence, son minimum quand ils sont perpendiculaires à ce plan. Dans le premier cas les vibrations électriques possèdent une composante normale à la cathode ; dans le second cas elles n'en ont pas. Nous pouvons être tentés de chercher dans ses variations du potentiel normal à la cathode, induites par les rayons électriques, la force qui pousse l'électricité négative à abandonner la cathode. Si cette suggestion est correcte, de nouvelles expériences pourront peut-être permettre de reconnaître une dépendance entre l'action électrique lumineuse et l'angle d'incidence de la lumière polarisée ainsi qu'une relation entre cette action et les quantités de lumière réfléchie et absorbée par la cathode. »

Conséquences de la théorie de Maxwell relativement au mouvement de l'éther pur, par H. von Helmholtz (1).

L'auteur commence par rappeler que, si l'on suppose la matière pondérable invariablement liée à l'éther, les conséquences de la théorie de l'électrodynamique de Maxwell sont en parfait accord avec les résultats expérimentaux obtenus jusqu'ici sur les forces électromotrices induites par le mouvement des corps pondérables.

Mais quelles sont les conséquences de cette théorie, lorsqu'on considère l'éther pur de toute matière pondérable tel que celui qui remplit les interstices moléculaires des corps? Telle est la question que se pose l'auteur, question à laquelle se rattache étroitement celle de savoir si cet éther demeure en repos pendant le mouvement des corps, ou s'il est tout entier entraîné par ces corps, ou enfin s'il n'est qu'en partie entraîné ainsi qu'il résulterait des idées de Fresnel.

Dans ce mémoire, von Helmholtz montre que les relations de Maxwell, complétées par Hertz pour le cas des corps en mouvement, permettent de trouver les lois du mouvement de l'éther libre. Pour cela il part des équations qu'il a déduites de l'application du principe de la moindre action aux phénomènes électriques (1) et suppose, en outre, que l'éther pur possède les propriétés d'un fluide incompressible et sans frottement.

Cette hypothèse peut s'exprimer simplement en ajoutant à la fonction Φ, appelée *potentiel électrocinétique*, l'intégrale

$$\int\int\int S\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x}+\frac{\partial\beta}{\partial y}+\frac{\partial\gamma}{\partial z}\right)dxdydz,$$

où le facteur S est une fonction arbitraire des coordonnées, puisque, en tout point d'un fluide incompressible, on a à chaque instant

$$\frac{\partial\alpha}{\partial x}+\frac{\partial\beta}{\partial y}+\frac{\partial\gamma}{\partial z}=0$$

et que par suite on ne change pas la valeur de Φ par l'addition de l'intégrale précédente.

Dans l'éther pur la densité électrique σ et la densité magnétique τ doivent être nulles; par suite on aura,

$$\frac{\partial X}{\partial x}+\frac{\partial Y}{\partial y}+\frac{\partial Z}{\partial z}=0 \qquad (1a)$$

$$\frac{\partial L}{\partial x}+\frac{\partial M}{\partial y}+\frac{\partial N}{\partial z}=0 \qquad (2b)$$

De plus les moments électriques X, Y, Z sont, dans toutes les parties de l'espace éthérée, liés aux forces électriques X, Y, Z, par les relations,

$$X=\frac{1}{4\pi}X,\quad Y=\frac{1}{4\pi}Y,\quad Z=\frac{1}{4\pi}Z, \qquad (1c)$$

De même pour les moments magnétiques

$$L=\frac{1}{4\pi}L,\quad M=\frac{1}{4\pi}M,\quad N=\frac{1}{4\pi}N, \qquad (1d)$$

les quantités désignées par ε et μ dans les notations de Hertz étant ici égales à 4π.

Les forces pondéromotrices rapportées à l'unité de volume et qui proviennent des ten-

(1) *Wiedemann's Annalen*, t. LIII, p. 135.

(1) Voir les articles publiés par M. Raveau, dans la *Lumière électrique*, t. XLIX.

Digitized by Google

sions électriques sont données par trois égalités dont la première est

$$\Xi = \frac{1}{8\pi}\frac{d}{dx}\left(X^2 - Y^2 - Z^2\right) + \frac{1}{4\pi}\frac{d}{dy}\left(XY\right) + \frac{1}{4\pi}\frac{d}{dz}\left(XZ\right)$$

et si nous exécutons les différenciations, nous obtenons pour les trois composantes

$$\left.\begin{aligned} \Xi_e &= \frac{1}{4\pi}\left[Y\left(\frac{\partial X}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial x}\right)\right] + \frac{1}{4\pi}\left[Z\left(\frac{\partial X}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial x}\right)\right] \\ \Upsilon_e &= \frac{1}{4\pi}\left[X\left(\frac{\partial Y}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial y}\right)\right] + \frac{1}{4\pi}\left[Z\left(\frac{\partial Y}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial y}\right)\right] \\ Z_e &= \frac{1}{4\pi}\left[X\left(\frac{\partial Z}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial z}\right)\right] + \frac{1}{4\pi}\left[Y\left(\frac{\partial Z}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial z}\right)\right] \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

De la même façon les forces pondérométrices Ξ_m, Υ_m, Z_m, d'origine magnétique s'expriment au moyen des composantes de la force magnétique. Les sommes

$$\Xi = \Xi_e + \Xi_m, \quad \Upsilon = \Upsilon_e + \Upsilon_m, \quad Z = Z_e + Z_m,$$

donnent les composantes de la force pondéromotrice totale. La présence des quantités,

$$\frac{\partial Y}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial y}, \text{ etc.}, \qquad \frac{\partial M}{\partial z}\frac{\partial N}{\partial y}, \text{ etc.},$$

dans les expressions de ces composantes montre qu'elles ne derivent pas d'un potentiel, mais indique que les lignes de force se ferment sur elles-mêmes. Pour abréger Helmholtz désigne des forces de ce genre sous le nom de *forces cycliques*.

Ces mêmes grandeurs se déduisent des équations (4 *f*) du Mémoire de l'auteur déjà rappelé :

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial Y}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial y} &= -4\pi A\frac{dL}{dt} \\ \frac{\partial Z}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial z} &= -4\pi A\frac{dM}{dt} \\ \frac{\partial X}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial z} &= -4\pi A\frac{dN}{dt} \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial N}{\partial y} - \frac{\partial M}{\partial z} &= -4\pi A\frac{dX}{dt} \\ \frac{\partial L}{\partial z} - \frac{\partial N}{\partial x} &= -4\pi A\frac{dY}{dt} \\ \frac{\partial M}{\partial x} - \frac{\partial L}{\partial y} &= -4\pi A\frac{dZ}{dt} \end{aligned}\right\} \quad (3^a)$$

dans lesquelles les quotients différentiels affectés du signe $\frac{dt}{d}$ se rapportent aux changements qu'éprouve pendant le temps *dt*, un élément de volume d'éther en mouvement, et, par suite, ont pour expressions

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial X}{\partial t} &= \frac{\partial X}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y}\left(X\beta - Y\alpha\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(X\gamma - Z\alpha\right), \\ \frac{\partial Y}{\partial t} &= \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z}\left(Y\gamma - Z\beta\right) + \frac{\partial}{\partial x}\left(Y\alpha - A\beta\right), \\ \frac{\partial Z}{\partial t} &= \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(Z\alpha - Z\delta\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(Z\beta - Y\gamma\right), \end{aligned}\right\} \quad (4$$

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial t} &= \frac{\partial L}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y}\left[L\beta - M\alpha\right) + \frac{d}{dz}\left(L\gamma - N\alpha\right), \\ \frac{\partial M}{\partial t} &= \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z}\left[M\gamma - N\beta\right) + \frac{d}{dx}\left(M\alpha - L\beta\right), \\ \frac{\partial N}{\partial t} &= \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left[N\alpha - L\gamma\right) + \frac{d}{dy}\left(N\beta - M\gamma\right), \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

Les équations (2 $_a$) donnent alors

$$\left.\begin{aligned} \Xi &= A\left\{Z\frac{dM}{dt} - Y\frac{dN}{dt} + M\frac{dZ}{dt} - N\frac{dY}{dt}\right\} \\ \Upsilon &= A\left\{X\frac{dN}{dt} - Z\frac{dL}{dt} + N\frac{dX}{dt} - L\frac{dZ}{dt}\right\} \\ Z &= A\left\{Y\frac{dL}{dt} - X\frac{dM}{dt} + L\frac{dY}{dt} - M\frac{dX}{dt}\right\} \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

Si nous remplaçons les quotients différentiels affectés du signe $\frac{d}{dt}$ par leurs valeurs (4) et (4 $_a$) et si nous posons pour les notations

$$P = ZM - YN, \quad Q = XN - ZL, \quad R = YL - XM \quad (5^a)$$

il est à remarquer que les grandeurs P, Q, R sont proportionnelles aux composantes de la vitesse avec laquelle l'énergie électromagnétique se propage à travers l'espace rempli d'éther en repos. Quand l'éther est vide de matière pondérable et en repos et que $\alpha = \beta = j = 0$, les valeurs des forces pendéromotrices données par les équations (5) se réduisent aux valeurs plus simples

$$\Xi = A\frac{\partial P}{\partial t}, \qquad \Upsilon = A\frac{\partial Q}{\partial t}, \qquad Z = A\frac{\partial R}{\partial t}.$$

Il résulte de là qu'il ne peut exister de forces pondéromotrices dans l'éther que si la distribution de l'électricité donne lieu à un tourbillon d'énergie et si ce tourbillon a une vitesse variable. Ces forces, qui ne peuvent être supprimées par l'incompressibilité de l'éther, doivent mettre en mouvement cet éther lui-même. On sait que les phases de la tension électromagnétique se propagent avec la vitesse de la lumière. Comme P, Q, R sont du second ordre et sont infiniment petites pour les oscillations lumineuses et qu'en outre leur période est moitié de celle des moments électriques et magné-

Digitized by Google

tiques, les forces qui en découlent sont infiniment petites du second ordre.

Par les travaux de divers physiciens il a été démontré que les états d'équilibre électriques se rétablissent d'une façon excessivement prompte, quand ils ont été troublés, les ondes correspondant aux valeurs différentes de zéro de $\frac{dP}{dt}$, $\frac{dQ}{dt}$, $\frac{dR}{dt}$ se propageant avec une très grande rapidité dans l'espace ou bien se trouvant absorbé par les conducteurs.

Dans l'éther pur et libre, les distributions électriques et magnétiques produiraient les forces cycliques considérées, et ne pourraient être maintenues en équilibre par la tension; elles produiraient instantanément des mouvements de l'éther, atteignant tous les degrés de rapidité et pouvant augmenter jusqu'à ce que les forces électriques et magnétiques induites par ce mouvement annulent les forces pondéromotrices, envertu de cette loi générale, qu'un mouvement produit par une force électromagnétique donne toujours lieu à une induction arrêtant le mouvement.

Cherchons si de tels mouvements de l'éther pur peuvent être trouvés dans le cas où, par suite de l'incompressibilité de l'éther, ils ne peuvent être détruits en équilibrant les forces pondéromotrices.

Les seules forces qui puissent être détruites par la pression d'un fluide incompressible sont celles dont les composants ont la forme

$$\Xi_p = -\frac{\partial p}{\partial x},\ \Upsilon_p = -\frac{\partial p}{\partial y},\ Z_p = -\frac{\partial p}{\partial z}. \qquad (5\,a)$$

Dans la fonction p entre en premier lieu la pression, qui est proportionnelle à l'énergie électromagnétique de toutes les forces électromotrices agissant sur l'éther et dont la valeur est

$$p_0 = \frac{1}{8\pi}\left[\left(X^2 + Y^2 + Z^2\right) + \left(L^2 + M^2 + N^2\right)\right] \qquad (5b)$$

et en second lieu des termes dépendant du mouvement; de sorte que l'on peut écrire

$$p = p_0 + A\left(\alpha P + \beta Q + \gamma R\right) + S. \qquad (5c)$$

La fonction S étant, comme il a été dit, une fonction arbitraire des coordonnées et du temps, p peutsi être considéré comme une fonction de ce genre.

Si l'on adopte ces notations, les équations (5_a) donneront les conditions suivantes :

$$\left.\begin{aligned} 0 &= \frac{\partial p}{\partial x} + A\left[\frac{\partial P}{\partial t} + \beta\left(\frac{\partial P}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial x}\right) - \gamma\left(\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z}\right)\right] \\ 0 &= \frac{\partial p}{\partial y} + A\left[\frac{\partial Q}{\partial t} + \gamma\left(\frac{\partial Q}{\partial z} - \frac{\partial R}{\partial y}\right) - \alpha\left(\frac{\partial P}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial x}\right)\right] \\ 0 &= \frac{\partial p}{\partial z} + A\left[\frac{\partial R}{\partial t} + \alpha\left(\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z}\right) - \beta\left(\frac{\partial Q}{\partial z} - \frac{\partial R}{\partial y}\right)\right] \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

Telles sont les équations différentielles qui devraient être satisfaites en même temps que l'équation d'incompressibilité déjà écrite,

$$0 = \frac{\partial \alpha}{\partial x} + \frac{\partial \beta}{\partial y} + \frac{\partial \gamma}{\partial z} \qquad (1)$$

pour détruire les forces cycliques dans l'éther pur. Ce sont quatre quations à quatre inconnues α, β, j et p, si nous considérons comme connue la distribution des forces électriques et magnétiques lesquelles sont déterminées par des causes extérieures.

On peut éliminer α, β, j entre les trois équations (6) en les multipliant respectivement par

$$\frac{\partial P}{\partial z} - \frac{\partial R}{\partial y},\qquad \frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial P}{\partial z},\qquad \frac{\partial P}{\partial z} - \frac{\partial Q}{\partial x},$$

puis additionnant les produits, on obtient

$$0 = \left(\frac{\partial p}{\partial x} + A\frac{\partial p}{\partial t}\right)\left(\frac{\partial Q}{\partial z} - \frac{\partial R}{\partial y}\right) + \left(\frac{\partial P}{\partial y} + A\frac{\partial Q}{\partial t}\right)\left(\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z}\right) + \left(\frac{\partial P}{\partial z} + A\frac{\partial R}{\partial t}\right)\left(\frac{\partial P}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z}\right) \qquad (6_a)$$

Cette équation donne p, si P, Q, R sont donnés en fonction de x, y, z, t; toutefois il doit entrer une fonction arbitraire dans l'intégrale générale de p. Mais si l'on se donne les valeurs de p et des dérivées $\frac{dp}{dy}$ et $\frac{dp}{dz}$ pour tous les points du plan $x = C$ et pour chaque instant, l'équation (6_a) donnera la valeur de $\frac{dP}{dx}$, de telle sorte que l'on pourra trouver les valeurs de p pour $x + dx$, et, de proche en proche pour tout l'espace.

Quand la valeur de p est ainsi déterminée de proche en proche, deux des équations don-

Digitized by Google

nent les valeurs de deux des quantités α, β, j en fonction de la troisième et les directions des lignes de tourbillon se trouvent déterminées. De plus il résulte de l'équation (1) que dans chaque tube de tourbillon le produit de la vitesse résultante par la section du tube est constant. Les composantes du tourbillon sont donc alors complètement déterminées si les valeurs de leurs résultantes sont données pour tous les points de la surface précédente $x = C$.

Cette marche de calcul introduit une seconde fonction arbitraire dans l'intégrale générale.

Les équations (6) étant linéaires par rapport à α, β, et j p, l'intégrale complète peut, comme on le sait, se déduire d'une intégrale particulière quelconque du système et de l'intégrale générale de ces mêmes équations où l'on fait

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{\partial R}{\partial t} = 0,$$

Dans ces conditions on obtient

$$\alpha \frac{\partial p}{\partial z} + \beta \frac{\partial p}{\partial y} + \gamma \frac{\partial p}{\partial t} = 0.$$

ce qui montre que les lignes de tourbillon se dispersent le long de la surface $p = \text{const.}$

En outre l'équation réduite correspondant à 6 $_a$) montre que les lignes dont les éléments dx, dy, dz, satisfont aux relations

$$\frac{\frac{\partial Q}{\partial z} - \frac{\partial R}{\partial y}}{dx} = \frac{\frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z}}{dy} = \frac{\frac{\partial P}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial x}}{dz}$$

se trouvent aussi sur la même surface $p = \text{const.}$

Les considérations précédentes indiquent que dans l'intégrale générale entrent deux fonctions arbitraires de la surface et du temps, savoir, p et $\sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + j^2}$. Si l'éther adhérait avec fixité à la surface des corps pondérables il faut drait trois fonctions α, β, j. Par conséquent, l'éther devra glisser le long de la surface considérée, et en considérant de tels glissements comme des variations très rapides des vitesses tangentielles, des forces électriques et magnétiques pourront prendre naissance dans les surfaces de séparation.

J. B.

Variations de la résistance et de la polarisation électriques des dissolutions aqueuses avec la pression, par Bruno Piesh (1).

Un grand nombre de solutions acides ou salines ont été étudiées. La méthode de mesure était telle que la résistance et la polarisation pouvaient être mesurées simultanément.

La pression, qui pouvait s'élever jusqu'à 600 atmosphères, était produite par un appareil de Cailletet. Les récépients consistaient en une combinaison de tubes de verre qui pouvaient être reliés à l'appareil au moyen d'ébonite cimentée dans une bonnette métallique fortement vissée au cylindre de fer.

Les mesures donnèrent les résultats suivants :

Une variation de la pression produit une variation de la résistance ; dans tous les cas celle-ci décroit quand la pression croît. On n'a pu observer aucune régularite dans l'influence de la concentration, mais pour la plupart des substances les variations de la résistance étaient plus grandes avec une solution étendue qu'avec une solution concentrée La diminution de la résistance va en décroissant à mesure que la pression s'accroît.

Sa polarisation électrique varie également avec la pression ; toutefois cette variation est le plus souvent petite. En général on observait une augmentation de la polarisation quant la pression s'élevait. Les irrégularités que l'on rencontrait étaient beaucoup plus grandes que dans les mesures de résistance.

En dernier, une solution d'azotate d'ammoniaque dans l'alcool a été étudiée ; on trouva des variations dans le même sens qu'avec les solutions aqueuses.

J. B.

---

(1) *Wiener Berichte*, 25 mai 1894, d'après l'analyse donnée par le *Philosophical Magazine*, du 1er septembre.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

Construction des lignes électriques aériennes, par A. Boussac, inspecteur général des postes et télégraphes. Cours complété par E. Massin, ingénieur des télégraphes. 1 vol. gr. in-8°, Gauthiers-Villars et fils, Paris, 1894.

L'ouvrage sur lequel nous avons à attirer l'attention est en grande partie l'œuvre du regretté professeur auquel une période de quatorze années consacrée à l'instruction des générations d'élèves qui se sont succédé jusqu'en 1892 à l'École de télégraphie et à l'École professionnelle des télégraphes a acquis une indiscutable compétence en ce qui concerne l'établissement des lignes.

La mort est venue interrompre M. Boussac dans la tâche qu'il s'était imposée, mais son œuvre a eu la bonne fortune d'être menée à bien par un continuateur digne de lui, M Massin, son suppléant à l'École de télégraphie et notre confrère des *Annales télégraphiques*. Ces deux noms suffisent pour donner une idée de la valeur de l'ouvrage et pourraient nous dispenser d'aller plus loin.

Quoique le *Traité de construction des lignes aériennes* soit fait plus spécialement en vue de l'établissement des lignes télégraphiques, tous les électriciens auront intérêt à le consulter; sans presque aucune modification, en effet, il peut s'appliquer à l'établissement des lignes aériennes qui, neuf fois dix sont employées dans les distributions d'éclairage ou de transport à distance. On y verra que cette question, à laquelle on est porté généralement à attribuer assez peu d'importance, est en réalité très complexe si l'on veut se donner la peine de la résoudre convenablement. Ajoutons que l'ouvrage de MM. Boussac et Massin permettra d'arriver relativement assez simplement à ce résultat, que d'ailleurs toutes les considérations théoriques dont on a besoin sont traitées très simplement, bien que d'une manière très complète.

G. Claude.

Ce traité comble donc d'une façon très heureuse une lacune importante et, à ce titre, il était intéressant de le signaler.

Electricité agricole, par Camille Pabst, ingénieur agronome. — Berger-Levrault et Cie, éditeurs, Paris.

Ce peut paraître au premier abord une idée assez bizarre de consacrer un véritable traité aux seules applications de l'électricité à l'agriculture. Pour peu qu'on y réfléchisse cependant, on doit reconnaître que cette prétention est au fond, absolument justifiée.

L'électricité, en effet, intervient d'une manière constante dans la vie agricole. Elle est intimement liée aux phénomènes atmosphériques les plus justement redoutés des cultivateurs, les orages et la grêle; elle joue selon toute probabilité un rôle prépondérant dans la végétation, comme d'ailleurs dans l'existence de tous les êtres animés; elle a provoqué de la part de nombreux observateurs, à commencer par Becquerel, une foule d'expériences intéressantes tant au point de vue de la production des courants électriques par les végétaux qu'à celui de l'influence des courants artificiels sur ceux-ci.

D'autre part, nombreuses sont les applications, labourage, arrosage, abattage des arbres, etc., que l'électricité pourrait réaliser en tant que force motrice; nombreuses aussi les applications électrolytiques déjà passées dans le domaine de la pratique comme la désinfection des alcools, des eaux vannes, le blanchiment des substances textiles, les raffinage du sucre, le dosage des nitrates, etc., etc.

On le voit donc, il y a là, en fait, matière nu à volume des plus intéressants et des plus documentés; et bien que nous ne partagions pas entièrement l'enthousiasme de l'auteur en ce qui concerne l'emploi de la lumière électrique pour augmenter la rapidité de la végétation, non plus que quelques autres vues analogues, nous reconnaissons volontiers que M. Pabst s'est acquitté très honorablement de sa tâche, que son ouvrage est d'une compréhension facile et d'une lecture agréable.

G. C.

Digitized by Google

CHRONIQUE

Un argument de plus en faveur des personnes qui s'étonnent du retard apporté à l'organisation à Paris du service municipal de contrôle des installations électriques.

Le mardi 18 septembre à sept heures du soir, une explosion de gaz assez forte s'est produite au rez-de-chaussée de la maison portant le numéro 3 de l'avenue de l'Opéra. A la suite de cette explosion un commencement d'incendie s'est déclaré dans les bureaux de l'administration des wagons-lits, situés dans le local voisin de l'explosion. Heureusement, tout s'est borné à des dégâts matériels et après une heure de travail, les pompiers ont pu se rendre maitres du feu.

L'enquête ouverte par le commissaire de police pour établir la cause de cet accident a révélé qu'un contact entre l'un des câbles d'une distribution d'électricité et une conduite de gaz avait déterminé l'inflammation du gaz, échappé probablement de ces perforations électrolytiques que l'on trouve si fréquemment en pareil cas.

Il ne faudrait pas s'étonner outre mesure de voir ces accidents devenir de plus en plus fréquents par suite des altérations forcément croissantes des canalisations de gaz et du développement rapide des canalisations électriques.

Les habitants de Moret (Seine-et-Marne) viennent de constituer une Société pour l'éclairage électrique de leur ville, avec station centrale de 50 à 60 chevaux.

Cette station fonctionnera avec moteur à gaz « Niel » et gazogène « Fichet et Heurtey », la partie électrique sera installée par MM. Lombard Gerin et Cie, de Lyon.

Nous reviendrons en détail sur cette installation qui doit fonctionner très prochainement et qui, à tous points de vue pourra être considérée comme un modèle de station de ce genre.

La Compagnie du National Rapid Transit, de New-York, a demandé à la législation de l'État la concession d'une ligne de chemin de fer aérien qu'elle se propose de coustruire entre New-York et Washington. Cette voie aérienne serait desservie par des trains électriques allant à une vitesse de 200 kilomètres à l'heure. Les voitures n'auraient que deux roues situées dans le même plan; l'essieu de chaque roue porterait deux moteurs électriques le faisant tourner directement à une vitesse angulaire de 700 tours par minute, ce qui correspondrait à une vitesse de translation de 4 kilomètres par minute.

Le courant serait pris par des galets roulants sur des bandes métalliques longeant la voie, et ces conducteurs seraient alimentés par les circuits secondaires de transformateurs convenablement espacés le long de la voie. Quant aux courants primaires, ils seraient fournis à très haute tension par des génératrices triphasées qu'actionneraient des turbines utilisant les forces motrices hydrauliques disponibles sur le Potomac à quelques kilomètres de Washington.

Les communications seraient ainsi disposées que le courant n'aurait accès qu'à la section de la ligne occupée par le train, toutes les autres sections restant alors isolées.

Nous ne saurions dire si ce nouveau projet de traction électrique à grande vitesse sera réalisé ou s'il aura le sort du fameux chemin de fer électrique de Saint-Louis à Chicago.

D'après un brevet récent on retire l'étain des rognures de fer blanc en les chauffant avec de la soude et du soufre ou dans une solution de sulfure de sodium, pour former du sulfostannate de soude. A la solution on ajoute ensuite de l'ammoniaque et du sulfate d'ammonium, et on soumet ce bain à l'électrolyse.

L'Allgemeine Elektricitaets Gesellschaft, de Berlin, vient d'adopter un nouveau genre de canalisations électriques. Les conducteurs sont posés dans des conduites formées d'une spirale métallique entourée d'une enveloppe. Celle-ci est perméable et laisse écouler l'eau, de sorte que le conducteur lui-même reste toujours à l'abri de l'humidité.

On a reproché aux téléphones publics d'aider à la propagation de certaines maladies contagieuses. Des germes morbides peuvent, en effet, se loger dans l'embouchure des appareils ou sur la plaque du microphone, et les personnes ayant l'habitude de s'approcher trop près du transmetteur — mauvaise habitude d'ailleurs, même au point de vue de la qualité de la transmission

Digitized by Google

téléphonique — s'exposent au danger de la contagion.

Il n'y a, toutefois, pas lieu de s'émouvoir de ce danger jusqu'au point où le rédacteur d'un journal de Philadelphie a poussé la crainte. Il explique au public que des microbes peuvent être « transmis par les circuits téléphoniques » et recommande de ne converser par téléphone qu'avec des personnes saines! L'ignorance des journaux politiques en matière d'électricité trouve là son « record » établi; qui tentera de battre ce record américain?

Dans une station centrale nouvellement établie à New-York on a pris l'utile précaution de faire le parquet en dalles de verre. Le personnel est ainsi moins exposé aux suites funestes des contacts avec les circuits à haute tension, et ce parquetage est, en outre, très propre.

Dans une communication faite à la Société électrotechnique de Vienne, M. E Egger donne sur le développement des chemins de fer électriques des détails historiques intéressants dont nous empruntons les suivants :

S'il est vrai que les premières expériences de traction électrique faites à l'aide de piles primaires nous paraissent aujourd'hui quelque peu enfantines, il n'en est pas moins intéressant de mentionner les premiers efforts dans cette voie, dus au professeur Farmer, de Boston, qui construisit en 1851 un petit modèle de voie électrique dans lequel le moteur recevait le courant des rails. Dans toutes les expériences antérieures la batterie était portée par le véhicule. On sait que M. Preece citait récemment un certain Pinkus, électricien anglais, qui aurait dès 1840 fait breveter une disposition analogue à celle de Farmer. On trouve encore des brevets ayant rapport à ce système en 1855 au nom de Bessolo ; dans ce système il était déjà question de l'emploi d'un troisième rail pour le retour du courant.

Mais toutes ces conceptions, qui forment encore la base de la pratique actuelle, ne purent être réalisés ; c'est l'invention de Gramme et la découverte de la réversibilité de sa dynamo applicable à la transmission de la force motrice qui firent faire le progrès le plus sérieux à cette question : A l'Exposition de Vienne la première transmission électrique d'énergie actionnait une pompe, et dès l'année suivante George Green construisit aux Etats-Unis une voiture motrice qui pouvait transporter deux personnes. Cette voiture était encore actionnée par des piles, mais l'inventeur projetait l'emploi d'une génératrice dynamo-électrique et même d'un fil aérien ; certaines difficultés empêchèrent que les brevets demandés en août 1879, pussent lui être délivrés avant 1891.

Le chemin de fer électrique que la maison Siemens et Halske avait fait figurer en 1879 à l'Exposition industrielle de Berlin, peut être considéré comme le point de départ du développement actuel des tramways électriques. Le courant était amené au moteur par un rail spécial et retournait par les deux rails ordinaires de la voie. La dynamo Siemens, du modèle alors très répandu, qui servait de moteur, avait son arbre parallèle à la voie, et des pignons coniques avec double transformation de vitesse, transmettaient le mouvement aux essieux. Le tout était placé sur une petite locomotive qui remorquait une voiture à 20 voyageurs, à la vitesse de 12 kilomètres à l'heure.

Vers cette époque, les Américains se mirent résolûment à l'œuvre, et grâce aux efforts persévérants de Field, d'Edison et d'autres, un tramway électrique fonctionna en 1883 sur une voie de 1 kilomètre de longueur à Chicago. La voie était à trois rails, et il est intéressant de noter que pour augmenter la conductibilité des rails de retour, on leur avait adjoint un conducteur en cuivre.

Vinrent ensuite les essais de Van Depocle qui se servit du fil aérien, et ceux de Daft qui appliquait, pour régler la vitesse des moteurs, le procédé consistant à coupler de façons diverses les bobines de l'excitation. D'autre part, la voie de Bentley et Knight, à Cleveland, présentait pour la première fois un conducteur souterrain posé dans une conduite en bois au milieu de la voie.

De notables perfectionnements, principalement dans le moule de suspension des moteurs et dans la transmission du mouvement entre moteur et essieux sont dus à M. Sprague. Grâce à ses efforts, un tramway électrique comprenant 20 voitures fut mis en service permanent en 1888, à Richmond, et c'est de cette époque que date la progression à pas de géant que reçurent les tramways électriques en Amérique. Dès cette année, on comptait aux États-Unis 13 lignes de

Digitized by Google

tramways électriques avec 95 voitures automotrices ou locomotives en service ; en 1892, les chiffres correspondants s'étaient accrus au total énorme de 13500 pour le nombre de voitures motrices et de 9000 pour le nombre de kilomètres de voies.

Les perfectionnements des dernières années ont eu en vue principalement la construction de moteurs à la fois puissants, légers et de disposition ramassée, leurs mode de suspension et de régulation et l'amélioration des organes de transmission du mouvement.

Dans les tramways actuels, on préfère munir chaque voiture de deux moteurs actionnant chacun un essieu par l'intermédiaire d'un engrenage à simple réduction de vitesse. On arrive aujourd'hui à ce que les voitures motrices puissent gravir en service régulier des rampes de 13 o/o, et à atteindre des vitesses de 30 kilomètres à l'heure. On a également augmenté la capacité des voitures, et dans presque toutes les villes américaines on trouve des voitures présentant 80 places aux voyageurs.

Le rapport de la Société des téléphones de Vienne contient, relativement aux communications téléphoniques pendant l'année 1893, les renseignements suivants :

Fin 1893, on comptait 6,638 postes téléphoques en service, auxquels il faut ajouter 132 lignes d'intercommunication directe entre 264 postes. Le nombre des abonnés s'est accru de 875. Au bureau établi à la Bourse de Vienne, 104,702 tickets de conversation ont donné une recette de 39,260 francs.

La longueur totale des fils de la Société était de 42,210 kilomètres, supérieure de 817 kilomètres à celle de l'année précédente.

On peut se rendre compte de l'activité du trafic par les chiffres suivants :

En 1893, on a donné 25,898 communications entre les postes téléphoniques publics, et 77,802 entre les lignes interurbaines reliés au réseau urbain.

Le nombre moyen d'appels auxquels a répondu le bureau central était, en 1892, avec 5,800 abonnés environ, de 42,000 par jour. En 1893, avec seulement 875 abonnés de plus, le nombre des appels a plus que doublé ; il a atteint une moyenne de 85,000 par jour, soit 30 millions environ dans l année.

Si l'on considère que dans l'année courante 500 nouveaux abonnés ont déjà été reliés au réseau, et que le nombre journalier des appels est aujourd'hui de 110,000, on se fait une idée de l'utilisation intensive que le public viennois fait des communications téléphoniques. Ces chiffres témoignent aussi de l'excellente organisation du bureau central, digne d'être enviée par le public parisien, encore si mal desservi.

On fabrique en Allemagne pour les installations électriques d'intérieur, des bandes étroites de tissu très résistant dans lesquelles sont tissés deux conducteurs à une certaine distance l'un de l'autre. On obtient ainsi des sortes de câbles très plats que l'on peut clouer directement sur les murs où ils font très peu saillie et ne sont guère apparents, surtout lorsque le tissu est de même nuance que le papier où l'étoffe de tapisserie.

Les nouvelles de la guerre sino-japonaise n'arrivent pas en Europe avec la régularité et la rapidité que l'on pourrait désirer, et pourtant les communications télégraphiques avec l'Extrême-Orient sont assez nombreuses. Mais les câbles reliant le continent asiatique au Japon font, paraît-il, défaut, et on ne sait si ces câbles ont été coupés, ou si le gouvernement japonais en a supprimé provisoirement le service.

On peut remarquer à cette occasion que si la majorité des câbles sous-marins sont entre les mains de la Grande-Bretagne et constituent pour elle un des principaux organes de défense de ses colonies, il n'en est pas moins vrai que dans le cas d'une guerre, beaucoup d'entre ces câbles sont exposés à être rendus inutilisables.

Notre confrère l'*Electrical Review*, de Londres, fait remarquer, en effet, que les câbles de Shanghaï à Nagasaki sont posés pendant plus de 200 milles sur un fond de moins de 50 brasses ; d'autre part, les câbles qui relient Nagasaki à Wladiwostok ne se trouvent que dans les eaux de 100 brasses de profondeur au plus.

Les câbles de l'Eastern Extension Company qui constituent les seuls moyens de communication avec la Chine peuvent être relevés très facilement et sont également très exposés en cas de conflit. Le câble récemment posé entre Singapore et Hongkong, avec atterrissement à Labuan

Digitized by Google

traverse sur 600 à 700 milles des profondeurs n'excédant pas 40 brasses.

Enfin, les communications avec l'Australie comprennent des portions de câbles qui, près de Java, et dans le détroit de Malacca sont posés à une moyenne de 25 brasses seulement de la surface. Rien ne serait plus facile à un navire ennemi de relever ces câbles à l'aide d'un simple grappin et sans machinerie spéciale.

On sait que l'on a cru observer une coïncidence assez nette entre les maxima à des perturbations magnétiques terrestres et l'apparition de taches sur le méridien central du soleil. Or, il résulte d'observations nombreuses faites par M. Hale à l'observatoire de Kenwood (États-Unis), que la probalité de trouver des taches à un moment quelconque est 0,93. On voit donc qu'il y a bien des chances pour que les relations trouvées entre les deux phénomènes soient indéterminées.

Comme nous le disions récemment, les succès obtenus dans la pose des dernières lignes atlantiques vont avoir un important corollaire.

La construction du câble sous-marin du Pacifique est décidée Cette résolution est même prise dans des conditions qui permettent d'affirmer que cette immense entreprise ne restera pas longtemps sans rivale. En effet, suivant son habitude constante, la Grande-Bretagne s'est arrangée de manière qu'elle soit exécutée exclusivement à son profit, et qu'elle ne serve à rattacher que les terres faisant partie de l'empire britannique.

L'initiative de l'opération est prise en apparence par le gouvernement du Canada, qui a convoqué, il y a quelques mois, à Ottawa, un congrès auquel ont assisté des délégués des colonies australiennes et de la Nouvelle-Zélande.

A la suite des échanges d'idées qui ont eu lieu et des engagements qui ont été pris, le ministère canadien a rédigé un cahier des charges pour la construction d'une ligne télégraphique dont la longueur est évaluée à 6,000 nœuds marins de 1,852 mètres chacun, soit 11 112 kilomètres — sensiblement plus que le quart du méridien terrestre. Ces documents viennent d'arriver en Europe, et nous nous empressons d'en donner un résumé à nos lecteurs.

Les progrès sont si rapides dans les opérations sous-marines que le cahier des charges donne un délai de trois années, y comprenant le temps nécessaire pour la fabrication du câble. Si l'on construisait deux navires spéciaux au lieu d'un seul, la date de la fin des travaux devrait être avancée d'une année entière.

Les soumissionnaires devront envisager trois hypothèses : une exécution à forfait avec garantie pendant trois ans et les deux combinaisons relatives à l'exploitation par les constructeurs moyennant une subvention dont le chiffre fera précisément l'objet de l'adjudication

Mais de ces huit tracés, il n'y en a qu'un qui soit sérieux, les sept autres ne sont que sept trompe-l'œil. Cette ligne est celle qui part de la baie d'Abipra dans le Nord de la Nouvelle-Zélande, se rend aux îles Fidji, et de là à l'île Necker, découverte par la Pérouse en 1783, et dont l'amirauté anglaise a pris possession en 1894.

Cette île Necker, qui ne figure dans presque aucune géographie, est un îlot dont la superficie ne dépasse pas celle de l'île Saint-Louis de la Seine, où il n'y a ni un arbre, ni une source, ni un habitant, ni peut-être un rat, mais où le gouvernement anglais veut placer sa seconde station afin d'en être absolument maître et d'éviter les îles Sandwich, comme il a évité dans le Sud la Nouvelle-Calédonie et les Hébrides. De l'île Necker, la ligne anglaise se rendra à l'île Vancouver en Californie.

La dépense est évaluée à 50 millions de francs, et l'on admet que les frais d'amortissement, de réparations ou d'entretien seront amplement payés avec un tarif de 36 fr. 75 le mot, avec rabais de 50 o/o pour la presse, au lieu 11 fr. 65. En effet, on compte sur un trafic de 1,400,000 mots dès le commencement de l'exploitation, et l'on estime que l'augmentation progressive sera de 15 o/o par an pendant un temps considérable.

La ligne la plus courte, la plus naturelle, la plus fructueuse est le prolongement de la ligne de Californie, par les Hébrides, les Sandwich et San-Francisco. Nul doute que les Américains ne s'emparent de ce tracé, et ne fassent bientôt à la ligne exclusivement anglaise une concurrence dont bénéficiera la ligne française de Calédonie, et la colonie elle-même.

Le Gérant : L. DENNERY.

Imprimerie ALCAN-LÉVY, 24, rue Chauchat, Paris

Digitized by Google

1re Année Samedi 6 Octobre 1894 No 4

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITE

3, RUE RACINE, PARIS

Directeur P. H. LEDEBOER, Docteur ès-sciences

SOMMAIRE. — Etude des courants telluriques, L. Palmieri, — Applications mécaniques de l'Electricité, Gustave Richard. — A propos de la suppression du fil intermédiaire dans les distributions à trois fils, G. Claude. — Du pouvoir éclairant des projecteurs de lumiere électrique, W. Tchikoleff et W. Turin. — Extraits de la presse industrielle, Communications. — Circuits téléphoniques avec piles au bureau central, montage R. Merino. — Etalon de résistance, Queen. — Solution graphique de quelques problèmes pratiques relatifs aux dynamos à courant continu, par J. Fischer-Hinnen. — Préparation de la solution pour accumulateurs, par H. M. Sagers. — Sur le procédé Benardos, de soudure électrique, par Carl Richter. — Parafoudre, par E Millendorff. — Filaments a incandescence Beaum. — Moteurs à courants alternatifs, d'Oerilkon. — Revue des Sociétés savantes et de la presse scientifique. — La pile Clark en circuit fermé, par S. Skinner. — Protection magnétique par un cylindre de fer, par John Perry. — Sur l'induction magnétique, par G. Bryan. — Variétés, par John Hopkinson. — Chronique.

ÉTUDE DES COURANTS TELLURIQUES

SUITE DES OBSERVATIONS POURSUIVIES A L'OBSERVATOIRE DU VÉSUVE A L'AIDE DE FILS INCLINÉS DANS DIFFÉRENTS AZIMUTS.

J'ai fait connaître antérieurement à l'Académie des Sciences de Naples, les résultats d'études sur les courants telluriques, entreprises en 1860, mais interrompues faute de moyens suffisants. Je résume ici les recherches faites depuis 1889, époque à laquelle le Ministre des Postes et Télégraphes me concéda une ligne télégraphique de huit kilomètres, servant primitivement au chemin de fer funiculaire du Vésuve.

A intervalles réguliers, c'est-à-dire à la fin de 1889, puis à la fin de 1890 et 1891, j'ai communiqué à l'Académie les résultats obtenus, et, depuis ce moment, il n'y a plus eu d'interruption dans les recherches.

Je rappellerai d'abord les dispositions adoptées : un coup d'œil jeté sur le plan ci-joint (fig. 1 à 3) complètera ces renseignements.

Le volcan s'élève à une hauteur de 1200 m., il comprend une partie fertile, couverte de villages, de vignobles, d'essences forestières, et une partie inculte, nue, désolée. La première est constituée par l'ancien Vésuve d'avant 79, c'est une colline à longues pentes, que l'éruption fit éclater à son sommet en forme d'un large cirque de rochers du milieu duquel surgit un énorme cône de cendres, de laves et de ponces. La colline a 630 mètres de haut ; le cône de cendres ou volcan proprement dit, en a 600 environ. C'est sur le bord du cirque formé par l'éclatement de la Somma (ancien Vésuve), que se trouve placé l'observatoire météorologique : c'est au pied de la montagne, à côté d'Herculanum englouti, et non loin du rivage, que se déploie le petit village de Résina.

Le fil d'expériences plonge par une de ses extrémités dans un puits d'eau vive, à Résina, avec une plaque de cuivre d'un demi-mètre carré : l'autre bout prend terre à l'observatoire. Il descend presque verticalement de la salle d'observations vers la base de l'édifice où il est raccordé à la terre du paratonnerre.

Le fil suit à peu près la direction S.O.-N.E., en allant de Résina à l'observatoire. A la station on a intercalé dans le circuit un galvanomètre astatique à fil long et fin, à double isolement.

De l'observatoire on fit partir un second fil de moindre longueur et on le mit successivement, suivant différents azimuts, en communication avec le sol. On le plaça enfin dans la direction du N. O. de façon permanente, en le mettant à la terre dans un bosquet de châtaigniers, sur le versant dit « la Vetrana. »

Digitized by Google

Nous appellerons le premier fil, *fil de Résina*, le dernier, *fil de la Vetrana* et *fil de terre* celui qui descend presque verticalement du haut en bas de la station pour rejoindre la terre du parafoudre.

Le galvanomètre susmentionné fut d'abord essayé pour la sensibilité, à l'aide d'un petit élément cuivre-zinc-eau potable. L'appareil étant placé entre le fil de Résina et celui de terre, le courant tellurique se dirigeait de Résina vers l'Observatoire : il était ainsi ascendant du S. O. vers le N. E. Le galvanomètre étant mis entre le fil de la Vetrana et celui de terre, le courant allait de la Vetrana à l'Observatoire, il était donc ascendant et dirigé du N. O. au S. E.

Ce fil, qui étant plus court était plus facile à déplacer et à placer dans différents azimuts, se trouvait toujours parcouru par un courant ascendant. Si l'on intercalait le galvanomètre

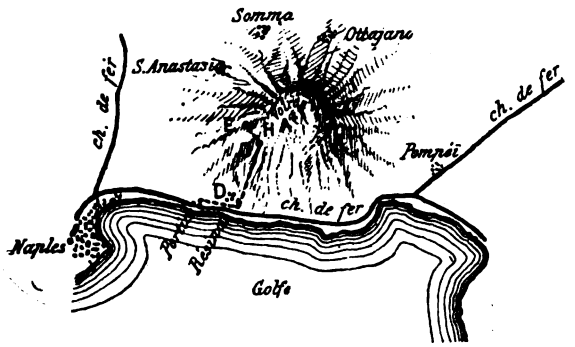


Fig. 1. — Golfe de Naples.

entre les fils de Résina et de la Vetrana, l'appareil accusait un courant ascendant, à peu près égal à la différence entre les deux courants pris séparément et qui se trouvait être en faveur du courant de Résina.

En faisant quatre observations par jour, je remarquai que lors de fortes tensions électriques dans l'air, en cas de pluies ou d'orages, le galvanomètre indiquait des courants énergiques, mais que quelquefois, quand les perturbations avaient cessé, il ne donnait plus que des indications d'une faiblesse extraordinaire. En vérifiant alors la sensibilité de l'instrument à l'aide du petit couple d'épreuve dont j'ai parlé plus haut, je pus constater que l'aiguille donnait de très petites déviations parce que son magnétisme avait été profondément modifié : je la trouvai même entièrement désaimantée et parfais aimantée en sens contraire, c'est-à-dire les pôles intervertis. Je reconnus la nécessité d'adopter un autre mode de recherches et songeai à employer un électrodynamomètre ou un électromètre apériodique de

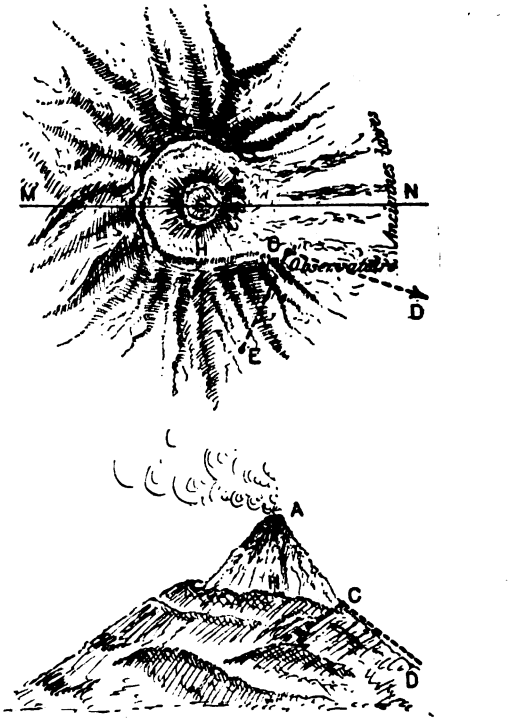


Fig. 2 et 3. — Vésuve. Coupe et plan. A, cratère. C, observatoire. D, Résina. E, Fosso della Vetrana. H, Atrio del Cavallo.

D'Arsonval. Mais le manque de sensibilité relative de ces appareils par rapport au galvanomètre de Nobili, me fit hésiter, bien que j'aie fait l'acquisition de l'ingénieux appareil de D'Arsonval, lequel offre l'inconvénient de pouvoir être mis hors de service en cas de forts courants aérotelluriques par suite de la fusion du fil métallique très fin qui soutient le cadre mobile dans le champ magnétique.

Je désirais pouvoir employer un autre appareil de D'Arsonval, basé sur une observation de Wiedemann, d'après laquelle le courant serait mesuré par la rotation du plan de pola-

Digitized by Google

risation de la lumière produite par ce courant. Mais faute d'une salle convenable pour l'installation de cet appareil, j'eus l'idée de recourir à un rhéomètre expérimenté depuis bien des années à la suite d'un échange de vues avec Marianini. J'ai décrit à l'Académie cet instrument. Je reviens sur cette description pour ceux qui poursuivent ce genre de recherches, parce que ce rhéomètre me semble être l'appareil le plus approprié à ces essais.

Une hélice de fil de cuivre recouvert de soie (fig. 4) s'enroule sur une bobine *a b*, creusée en son centre de façon à recevoir un cylindre de fer doux. Au-dessus est posé un cercle gradué mesurant les déviations d'une aiguille aimantée *c*, suspendue à un fil de cocon *ss* :

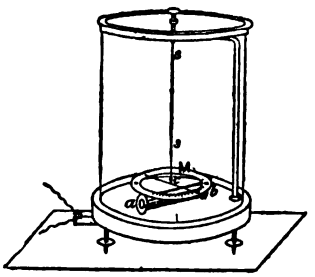


Fig. 4

les extrémités du fil de l'hélice sortent de la cage en verre de l'instrument, comme dans les galvanomètres.

Le fil de cuivre a un tiers de millimètre d'épaisseur, pèse 117 grammes et forme 21 couches ou strates, de 200 tours chacune, soit un total de 4200 tours. La longueur du cylindre en fer est de 86 mm., son diamètre de 11 mm. et son poids de 61 grammes.

Il est clair que si l'on dispose l'appareil de façon que l'aiguille se trouve dans le méridien magnétique, perpendiculairement à l'axe de la bobine, et par suite au zéro de la graduation, l'hélice étant placée dans le circuit traversé par un courant même très faible, on aura des déviations de l'index. Ces déviations se feront naturellement suivant le sens du courant : avec l'élément de contrôle précité, on obtient un *arc définitif* d'environ 70°, c'est-à-dire la même élongation qu'avec le galvanomètre auquel on a substitué le rhéomètre. L'appareil est à peu près apériodique. Tel était l'instrument primitif dérivé de celui que Marianini avait appelé *rhéélectromètre.*

La pratique m'a conduit à lui donner une nouvelle forme : ainsi modifié, il est actuellement préférable à tout autre. Au lieu d'une hélice cylindrique, j'ai adopté une bobine aplatie (fig. 5). Au centre de la bobine on peut introduire une lame de fer doux B au lieu d'un cylindre.

Dans ce modèle, le fil de cuivre pèse 120 grammes, et forme 19 couches composées de 200 tours : le nombre de tours est donc de 3800. La lame de fer est longue de 81 mm., large de 14, épaisse de 1,5 mm. et son poids est de 11,8 grammes. Grâce à ces dispositifs,

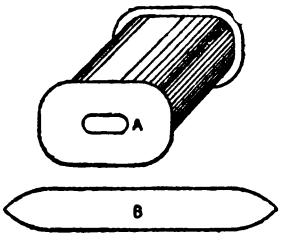


Fig. 5.

l'appareil acquiert une plus grande sensibilité avec une masse de fer plus petite.

L'aiguille unique qui sert d'index, est un peu plus forte, plus pesante, et a conservé constamment sa sensibilité, malgré de très fortes déviations brusques dues à ces courants que j'ai nommés « aérotelluriques ». Si l'on astatise le système en plaçant une seconde aiguille à pôles renversés au-dessus de la première, l'équipage acquiert une sensibilité presque exagérée. Aussi n'ai-je pas cru devoir, après expériences, recourir à un système astatique, la sensibilité de l'appareil étant plus que suffisante pour ces recherches, avec une aiguille unique. Il faut remarquer aussi que l'on peut donner au rhéomètre telle sensibilité que l'on désire, en élevant ou en abaissant plus ou moins l'aiguille au-dessus de la bobine. Il est nécessaire de se rappeler, en

Digitized by Google

outre, que les courants telluriques sont sujets à des variations considérables, en sorte qu'avec des instruments par trop sensibles, il deviendrait impossible de comparer les courants, l'index pouvant être chassé souvent au delà de 90°.

Un seul inconvénient s'est manifesté tout d'abord : c'est que le circuit ayant été parcouru par des courants trop intenses, l'index ne revenait pas exactement au zéro, la lame de fer restant polarisée par hystérésis. Mais le passage du courant en sens inverse, suffisait pour ramener l'aiguille au zéro.

Pour ces motifs, l'appareil est muni de 6 lamelles de rechange. En cas de besoin on peut ainsi enlever une lame polarisée et la remplacer par d'autres pendant qu'on lui fait subir le recuit nécessaire.

Au bout de quelque temps ces lames perdent la propriété de se polariser lorsqu'elles ont subi plusieurs fois l'action du courant et il est, par suite, très rare de ne pas voir l'index revenir au zéro.

Cette particularité me paraît mériter l'attention des constructeurs pour la fabrication des électro-aimants.

Ceci dit, je dois faire remarquer que l'appareil établi dans les conditions sus-indiquées est le meilleur pour l'étude des courants telluriques : il suffit de dire en effet que l'apériodique de D'Arsonval ne donne qu'un arc de 10° alors que mon rhéomètre accuse 70°.

On peut d'ailleurs, selon les besoins, employer le galvanomètre de Nobili, ou celui de D'Arsonval, de même que le rhéomètre, car les trois appareils se trouvent installés dans la même salle, prêts à servir. On emploiera le D'Arsonval quand l'index du rhéomètre dépassera les 90° et on utilisera le Nobili dans les cas, encore plus rares, où l'index du rhéomètre indique 0°.

Revenons maintenant aux observations mêmes. Après plus d'un an d'observations continues, j'ai constaté que les courants furent toujours ascendants et qu'ils subirent en temps normal de légères variations, tandis que en cas de pluies ou d'orages, même à distance, ils étaient soumis à des accroissements extraordinaires. J'ai été surpris de voir que ces courants très forts venaient toujours du bas vers le haut. Une fois seulement, l'électricité négative très forte, dominant à l'observatoire, le courant devint pendant peu de temps, descendant. Désirant allonger le fil qui montait de Résina à l'observatoire, je fis, avec le concours de M. C. Jurgens, inspecteur électricien, prolonger la ligne jusqu'au bois de l'Ecole d'Agriculture de Portici où la lame de cuivre retirée du puits fut enfouie à 3 mètres de profondeur dans un sol constamment humide. Le courant gagna peu en intensité, mais il resta constamment ascendant, venant du S.-O. (Portici) au N.-E. (Observatoire du Vésuve). Comme auparavant, les variations furent toujours peu considérables dans une même journée, mais souvent très différentes d'un jour à un autre.

En 1891 je fis connaître à l'Académie que l'électricité atmosphérique agissait sur les fils d'une façon évidente, au moins comme cause perturbatrice : sur la proposition d'un des membres M. Pinto, il fut demandé que les observations fussent continuées à ce point de vue spécial, tant à l'observatoire du Vésuve qu'à l'Université, ainsi que cela se faisait déjà, et en de nouveaux points, à Capodimonte par exemple, dont l'observatoire s'occupe depuis 2 ans, de semblables recherches.

Ces trois points me parurent insuffisants pour arriver à des conclusions certaines. J'ai constaté en effet que les intensités électriques de l'atmosphère varient beaucoup entre deux points, même peu éloignés, et sont souvent de signe contraire par des temps de pluies même non orageuses. Je souhaitai par suite qu'il y eut au moins sur le côté oriental du Vésuve une station dans laquelle on fit des observations, aux mêmes heures que les nôtres, en employant l'appareil à conducteur mobile et l'électromètre bifilaire.

Le Père Denza, toujours dévoué aux progrès de la météorologie, engagea M. Bartolo

Digitized by Google

Longo avocat au Val de Pompéi à instituer dans son observatoire, des observations d'électricité atmosphérique. Cette proposition fut accueillie avec empressement ; mais le mécanicien qui procéda à l'installation, plaça maladroitement le collecteur dans le voisinage d'une tige de paratonnerre. Les observations cessaient ainsi de devenir comparables avec les autres puisque le collecteur doit, en s'élevant, rencontrer un horizon parfaitement libre. Le Père Denza ayant constaté les faits, conseilla à M. Longo de faire transférer ailleurs la tige du paratonnerre ; mais le Cardinal protecteur du sanctuaire du Val de Pompéi, ayant décidé de son côté le déplacement de l'observatoire, l'affaire n'eut pas de suite. En raison de ces contre-temps, faute d'un contrôle rigoureux sur de nouveaux points, je ne veux pas encore tirer des déductions formelles de l'ensemble des observations faites jusqu'à ce jour, en ce qui concerne les rapports des courants telluriques avec l'électricité atmosphérique. Il serait important de connaître d'abord l'état électrique de l'atmosphère au moins dans toute la région ceignant le Vésuve et spécialement dans celle de Portici et de Résina qui se trouvent à l'extrémité inférieure de la ligne.

A l'époque où je donnais à l'Ecole d'agriculture de Portici, des conférences de climatologie et météorologie agraire, j'avais placé dans le petit castel quelques instruments entre autres l'appareil à conducteur mobile pour l'électricité atmosphérique. J'obtins de la direction des Télégraphes, que le fil télégraphique joignant l'Université à l'observatoire du Vésuve, passât par le petit château, où l'on m'installa un appareil télégraphique permettant de combiner des observations parfaitement synchroniques. Mais depuis la fin des conférences, je ne sais ce qu'est devenue cette installation.

Le fait certain, c'est que l'état électrique du sol est toujors opposé à celui de l'air dominant parce qu'il est induit par lui ; et il est singulier que, sur des points très voisins, c'est-à-dire distants à peine de quelques kilomètres, on puisse avoir non seulement des intensités différentes, mais des électricités de nom contraire. Ainsi, cela se produit non-seulement entre Naples et l'observatoire du Vésuve, mais encore entre l'Université et la station de Capodimonte distantes en ligne droite, d'un peu plus d'un kilomètre : et il arrive, en temps de pluie, d'avoir une forte électricité positive à l'Université et une forte électricité négative à Capodimonte.

J'aurai sans doute à revenir sur ces faits : je me borne donc à dire qu'après le prolongement du fil jusqu'à l'école de Portici, le courant continua à être ascendant, c'est-à-dire dirigé du S.-O au N.-E, comme celui de la Vetrana du N.-O au S.-E. Les choses restèrent en l'état jusqu'au 21 août de l'année 1893, où le courant tellurique commença à présenter de singulières anomalies, de continuelles oscillations de l'index du rhéomètre avec de fortes diminutions allant parfois jusqu'au zéro. Finalement, dans les deux fils, le courant qui depuis 1889 s'était maintenu ascendant, devint descendant. De sorte que l'observatoire qui semblait d'abord être le pôle négatif vers lequel se dirigeait le courant allant de bas en haut, est devenu en août de cette année-là, le pôle positif des courants qui descendent.

J'attribuai un moment cette inversion singulière à l'influence d'installations téléphoniques faites à l'Ecole de Portici : je fis enlever de terre la plaque de cuivre qu'on immergea dans un puits voisin ; les mêmes effets persistèrent.

Pour plus de sécurité, j'abandonnai la terre de l'Ecole de Portici et, renonçant à un kilomètre de ligne, je repris la terre au puits de Résina, précité, en rétablissant tout dans l'état primitif.

Le courant eut de notables phases d'accroissement ou d'affaiblissement, mais il resta descendant.

Il est également descendant dans l'autre fil dirigé au N.-O, qui n'a subi aucune modification dans son installation primitive.

Quelle est l'origine de cette inversion à des

Digitized by Google

intervalles lointains? C'est ce qu'il semble impossible de préciser. — Je remarque que cette inversion coïncide avec l'accroissement d'une phase éruptive du volcan voisin et avec le frémissement continu du sol, indiqué par les appareils séismiques de l'observatoire du Vésuve.

Il m'a semblé que ces courants descendants ont ressenti moins l'influence de l'électricité atmosphérique, malgré les pluies fréquentes et les orages qui ont marqué l'automne de 1893.

Au sujet de l'intérêt que présente l'étude des courants telluriques à l'aide de fils inclinés sur l'horizon, je crois utile de rapporter ce que Bœhmer eut l'occasion d'observer sur le mont Pik's-Peak dans le Colorado, lorsqu'il installa pour le compte du Signal-Service des Etats-Unis, une station météorologique, à 4730 mètres d'altitude.

Un poste télégraphique fut établi au pied de la montagne, à Colorado-Springs pour correspondre avec la station météorologique. On procéda aux essais successifs des sections de la ligne qui se construisait de bas en haut et l'on constata que la correspondance se faisait sans difficultés au début, mais que, passé 2000 mètres, alors que Colorado-Springs recevait nettement les signaux venant d'en haut, le poste supérieur ne recevait que des signaux presque imperceptibles. Lorsqu'on eut atteint le sommet, que nul homme ne paraissait avoir encore foulé, les signaux partant de la cime continuèrent à parvenir distinctement à Colorado-Springs, tandis qu'en haut on ne percevait aucun signal émanant de Colorado-Springs. Bœhmer expliqua ce phénomène en supposant qu'il existait en haut une forte électricité négative qui neutralisait l'effet du courant ascendant : j'estime pour ma part, qu'un courant descendant expliquerait plus naturellement le fait.

De toutes ces observations faites sur des fils assez courts, de 1860 à 1862, et reprises sur des conducteurs de longueur convenable, avec des instruments de mesure, depuis 1889 jusqu'à ce jour, il résulte : que la question des courants telluriques mérite d'être reprise suivant des méthodes différentes de celles qui ont été adoptées pour les premières recherches; que l'on doit étudier séparément la direction des courants telluriques dans des fils diversement inclinés sur l'horizon et placés dans divers azimuts; et qu'enfin, si l'on établit des fils d'études, suivant le procédé classique, dans la direction du parallèle et du méridien, ces fils doivent être posés de niveau. Il faudra aussi tenir compte des conditions de l'électricité atmosphérique en plusieurs points de la région où se font les observations.

J'arrive maintenant au rôle très important que paraissent devoir jouer les courants telluriques au point de vue de l'appréciation des mouvements volcaniques. J'ai déjà signalé (1) la concordance observée entre les variations des courants telluriques, la recrudescence de l'éruption du Vésuve et l'éclipse de soleil du 17 juin 1890. Je n'y reviendra pas et me bornerai à mentionner des faits tout récents.

Depuis 1889 jusqu'à la fin d'août 1893, les courants telluriques étaient restés constamment ascendants : après une rapide décroissance, ils étaient tombés à zéro, puis étaient devenus descendants. Pendant que cette inversion se produisait, l'activité du Vésuve avait augmenté notablement dans les bouches ouvertes à l'Atrio del Cavallo. Depuis le mois d'août jusqu'à la fin de décembre les choses restèrent dans l'état précédemment indiqué. Mais dans les premiers jours de janvier 1894, les laves allèrent graduellement en décroissant à l'Atrio del Cavallo, jusqu'au moment où elles disparurent totalement, c'est-à-dire vers les premiers jours du mois de février. Les courants telluriques devinrent, de nouveau, ascendants, d'abord avec une faible intensité, ensuite avec une énergie croissante.

L'activité volcanique ayant cessé à l'Atrio del Cavallo, le cratère central se remit à vomir une fumée plus abondante, chassée avec force au dehors, et la lave s'éleva dans la che-

(1) C. R. de l'Académie des Sciences, Naples, juin 1890.

Digitized by Google

minée centrale, se reverbérant sur la fumée qu'elle illuminait pendant la nuit. Des grondements et des détonations se succédaient, avec lancement de projectiles incandescents, par intervalles. Les courants telluriques devinrent alors de nouveau descendants, ensuite à des intervalles de quelques jours, tantôt ascendants, tantôt descendants, suivant les phases d'activité du cratère central. Ils étaient toujours descendants quand l'activité du volcan augmentait, et ascendants quand l'éruption devenait plus faible.

Cet état persista jusqu'à la fin de février. Les courants redevinrent alors descendants et le sont restés jusqu'à la fin d'avril 1894, époque à laquelle j'ai arrêté les éléments de la présente note, me réservant d'exposer ultérieurement les résultats obtenus dans ces temps derniers.

Notons que comme le Vésuve n'est jamais en repos absolu, les appareils séismiques de l'observatoire indiquent de plus ou moins fortes vibrations du sol et que ces indications sont l'indice de plus violents efforts volcaniques, en sorte que les inversions des courants, de haut en bas, sont toujours précédées ou accompagnées de mouvements indicateurs plus forts, de ces appareils.

La phase d'accroissement de l'activité volcanique s'étant montrée plus active depuis le commencent de mars, les courants telluriques se sont maintenus descendants.

Le 7 juin 1891, quand de petites laves apparurent dans l'Atrio del Cavallo, j'observai les courants telluriques à l'aide d'un galvanomètre astatique. Je constatai ce fait que je crus devoir signaler à l'Académie, que l'index du galvanomètre déviait tantôt d'un côté, tantôt de l'autre : il s'approchait rapidement d'un côté, s'arrêtait vivement comme s'il avait rencontré un obstacle, puis reculant brusquement, repartait dans le sens opposé.

Ce phénomène se reproduisit plus tard, à plusieurs reprises. Au lieu d'inscrire sur les registres de la station l'arc définitif obtenu, on portait la mention *oscillant*. Ultérieurement on n'a observé ce fait que rarement, tant avec l'appareil de D'Arsonval qu'avec mon rhéomètre.

Je signale pour l'instant ces particularités en attendant qu'une nouvelle période, d'augmentation ou de diminution de l'énergie du Vésuve me permette de voir s'il existe une relation entre le changement de direction des courants telluriques et l'activité du volcan.

J'ajoute, sans toutefois vouloir conclure, que pendant le premier trimestre de 1894, les intensités des courants ont varié *par bonds* en quelque sorte, d'un jour à l'autre, et que pendant la période des tremblements de terre qui ont bouleversé le sol de la Grèce, le rhéomètre qui marquait en moyenne 25°, en a marqué 70° et jusqu'à 80°.

L. PALMIERI.

APPLICATIONS MÉCANIQUES
DE L'ÉLECTRICITÉ

Nous avons décrit dans le journal *La Lumière Electrique* un certain nombre de boussoles auto-directrices et auto-indicatrices (1), le nouvel appareil de *M. J. Hope* représentée par les figures 1 à 11 est remarquable par sa simplicité (2).

Les aimants *a* (fig. 10) de cette boussole sont enfermés dans les flotteurs *a' a'*, suspendus à la Cardan sur leur axe *c*, et plongés dans un liquide qui remplit la boîte *b*. Ce liquide n'est pas homogène, mais constitué par deux couches : une couche d'alcool méthylique surmontée d'une couche de pétrole, beaucoup plus légère, et qui ne s'y mélange pas, malgré les mouvements du navire. Les flotteurs baignent dans l'alcool, et cet emploi d'un liquide mixte assure, paraît-il, à la boussole une grande stabilité.

(1) Basset, 3 septembre 1892, 452; Chase, 1er mars 1891, 407; Hope, 23 juillet 1892, 161; von Pichl, 18 juillet 1891, 117; 25 1893, 364.

(2) Voir aussi *La Lumière Électrique* du 23 juillet 1892, p. 161 et 163.

Digitized by Google

La boîte *b* est supportée en *vv* dans l'habitacle de la boussole, et porte, fixée par des vis u_3, une table *f*, (fig. 11) sur laquelle passe constamment, alimentée par un galet *l*, une bande de papier *yy*, à cylindre dérouleur *w*, commandé par un mécanisme d'horlogerie. Au-dessous de cette table se trouve un anneau *e* (fig. 4) guidé en *e' e'*, et supporté par deux balanciers e_2 e_2, dont les autres extrémités e_7 e_7 sont commandées par des leviers *jj*, à bielles e_3 e_3 (fig. 1), suspendues à la traverse j_4, qui reçoit, du mécanisme d'horlogerie *k*, un mouvement de va et vient alternatif.

L'axe *c* de la boussole porte, fixé par un joint de bayonnette c_5 (fig. 8), une traverse légère, à bras d_3 articulés en d_2 (fig. 6) et à fourches d_4, avec pointes *d'*. Il en résulte que celui de ces bras dont la fourche est actuellement traversée par le rebord demi-circulaire e_5 (fig. 4) de l'anneau *e* se soulève, à chaque mouvement de la tige i_3, de manière que sa pointe marque sur le papier une série de trous indiquant la direction du navire, sans ambiguité possible, parce que les pointes sont de formes différentes, de manière que l'on ne puisse pas confondre les marques.

La *sirène électrique* de *Kummer* a (fig. 12 à 17) son tambour A_2 commandé par une dynamo B. Ce tambour, percé d'un grand nombre de fentes, tourne dans une douille percée aussi de fentes disposées sur quatre rangées I II III IV, auxquelles on peut envoyer la vapeur par des soupapes C. Ces soupapes sont commandées par des disques d_3, que l'on peut amener à volonté sous leurs tiges en vissant le tambour D sur l'arbre d_4, de manière à réaliser ainsi, grâce aux indentations différentes des disques d_3, un grand nombre de signaux, ou même des airs de musique, indiqués en E par l'aiguille *e*. La vapeur est admise aux soupapes C par la maîtresse valve f_1, à laquelle elle arrive de f_3 au travers du socle F_1 et de la colonne F, à garniture f_2, permettant de faire tourner la sirène dans toutes les directions.

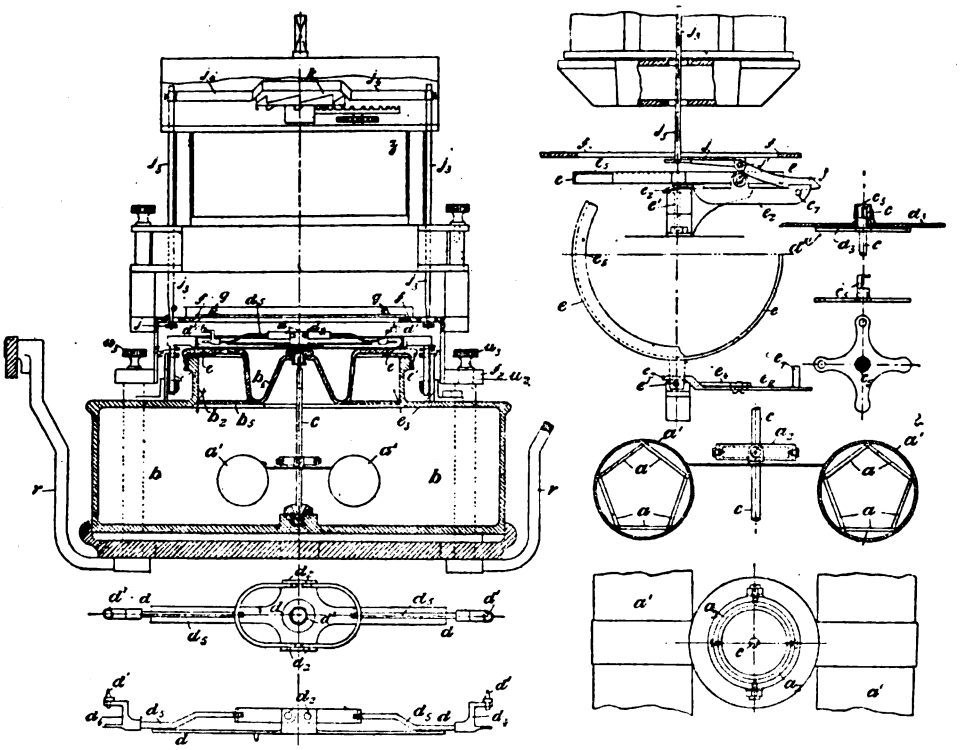


Fig. 1 à 10. — Boussole auto-indicatrice *Hope* (1893). Elévation. Coupe, détail du marqueur, de l'aiguille et de son montage.

Digitized by Google

On peut, ainsi que l'indiquent la figure, 15, 16 et 17, manœuvrer les soupapes C à distance par l'électricité, en remplaçant les transmissions $d\ d_1\ d_3$ (fig. 13) par des armatures $g\ g_1\ g_2\ g_3$, avec électros $h_1\ h_3$, attachés en i à la colonne F. A chaque passage d'un contact d_3 (fig. 13), la paire d'électros correspondants $d\ d$ attire son armature, et ouvre sa soupape, malgré les ressorts de rappel $k\ k_1$, faciles à régler.

Quant au cylindre D, on peut, dans le cas de cette transmission électrique, le remplacer par le mécanisme représenté en figures 18 à 22.

Ce mécanisme se compose d'un cylindre c, à pointes et traits comme celui d'une boîte à musique, commandé par le train $e\ f\ g\ h$ de la dynamo d, dont la vitesse est régularisée et déterminée par les rhéostats $i_1\ k_1$. Un deuxième rhéostat $i_2\ k_2$ règle la vitesse de la dynamo B (fig. 12). Les contacts $m\ m$.... de ce cylindre, reliés aux électros $h_1\ h_2$...., sont coulissés sur une glissière n_1, sur laquelle on peut les régler au moyen de la vis $o\ o_1$ à manivelle p, de manière à leur faire exécuter la série des signaux composée sur c : chacun de ces signaux étant indiqué par l'aiguille U. Quant au châssis n_2 de la glissière $n_1\ r$ il peut basculer autour de l'axe o, sous l'action de l'électro-aimant q, de manière à séparer ou approcher à volonté les contacts m du cylindre c, à faire partir ou arrêter l'appareil.

Les quatre boutons indépendants E permettent d'envoyer à la main tel signal que l'on veut. En outre, le châssis n_2 ne peut être levé par l'électro q qu'au passage des encoches des extrémités F de c (fig. 18) devant ses butées H, passage qui n'a lieu qu'à la fin des signaux, de manière qu'on ne puisse les arrêter avant leur achèvement.

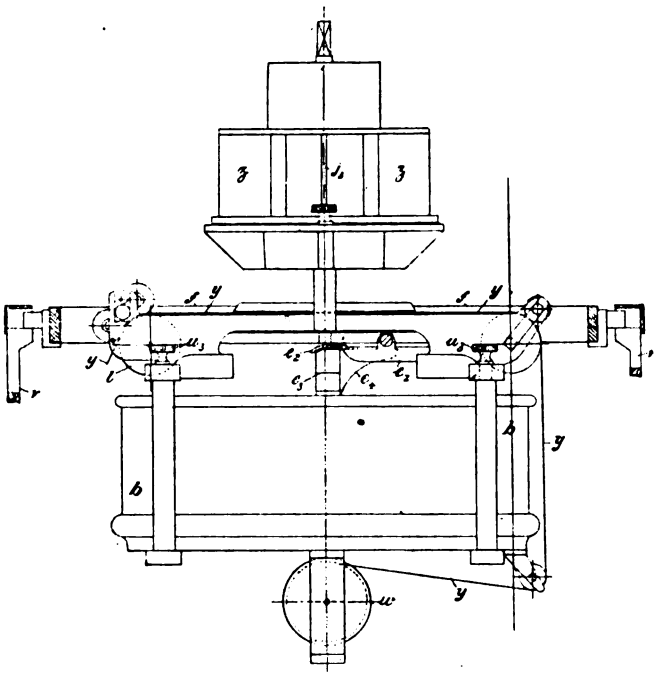


Fig. 11. — Boussole *Hope*.

Après avoir chauffé la sirène par un jet de vapeur, et l'avoir mise au ton par le rhéostat $K_2\ i_2$, et les boutons E, on ferme, par X_1, le circuit de la dynamo d, dont on règle la vitesse par $K_1\ i_1$, puis on détermine par p U le signal que l'on veut envoyer, et l'on ferme, par I, le circuit de l'électro o, de manière qu'il fasse remonter n, m au contact de c : ce mouvement ne s'exécute qu'au passage de l'encoche de F sur H, encoche qui laisse n_2 retomber automatiquement à la fin du signal.

Digitized by Google

Nos lecteurs savent combien se multiplient les applications de l'électricité à la commande partielle ou totale des machines-outils de toute espèce : les figures 23 à 29 représentent une de ces applications les plus ingénieuses à une machine à meuler les quadrants de montres.

Voici comment fonctionne cette ingénieuse machine, qui paraît au premier abord peut-être trop spécialisée, mais qui peut être en réalité fort utile dans certaines manufactures où l'on fait, comme à la Waltham, jusqu'à 2000 montres par jour.

Le quadrant en travail, une fois bien serré en 12 (fig. 23 et 25) par son chuck 13 (fig. 24), on fait tourner par la poulie à gorge indiquée en figure 23 le quadrant entre les meules 10 10, mises en rotation par les poulies 15 et 16, en même temps que les chariots 5 et 6 de ces meules, arrivent vers le quadrant. Cet avancement est commandé, de l'arbre 77, par les trains à friction 79, 76, 74 (fig. 27), et les écrous 75, filetés sur les vis 74 des chariots. Les meules avancent ainsi également sur le quadrant, et taillent sa circonférence, en biseau, jusqu'à ce que leurs bords viennent heurter les pointes diamantées 18' 18' (fig. 27), et les repousser, malgré l'attraction des électro-aimants 19' 19', de manière à rompre le circuit de la pile 86 sur les embrayages électro-magnétiques 83. Cette rupture permet aux ressorts 82 (fig. 29) de desserrer ces embrayages en repoussant leurs manchons 80', qui entraînent les pignons 79 par les plateaux de friction 80, de sorte que la marche des chariots s'arrête aussitôt. Cet arrêt se fait d'une façon très précise, parce que le toc 91' (fig. 24) du diviseur 88, réglé en conséquence, vient arrêter le lancé de l'axe 75, par sa butée sous le taquet 89; puis un contre-poids à corde enroulée sur la partie 94 ramène les chariots à leur écartement primitif, limité par la butée de 91' sur le taquet 89.

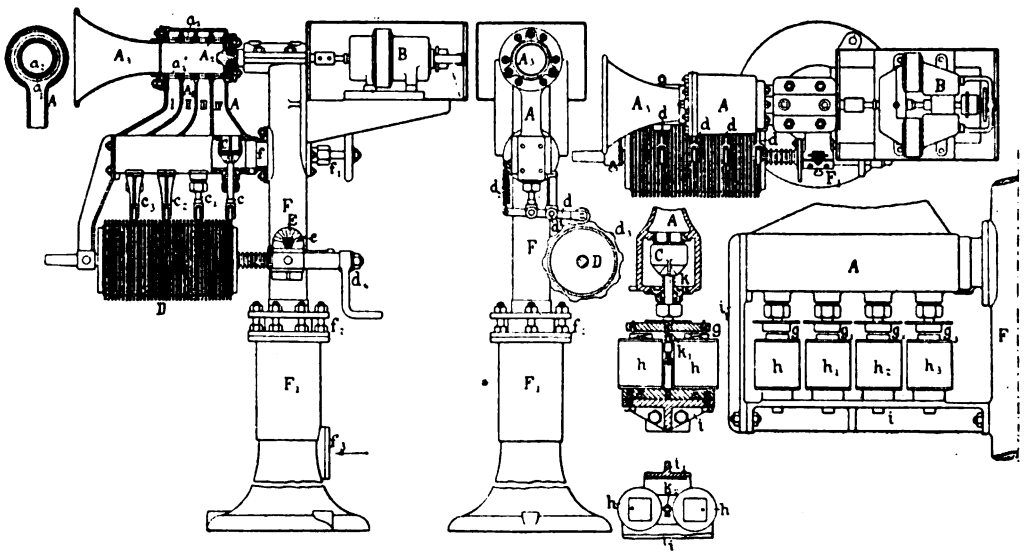


Fig. — 12 à 17. — Sirène électrique *Kummer* (1890).

On voit que c'est l'écartement des pointes 18' 18' qui détermine le diamètre du quadrant, et cet écartement est réglé d'une facon très précise par les vis 62, faisant écrou dans les chariots 60, qui portent ces pointes et leurs électros 19' 19' (fig. 25 et 27).

Quand les meules sont un peu usées, elles n'ont pas encore repoussé les pointes 19' 19' lorsque l'arbre 75 est déjà arrêté par la butée 89, de sorte que les pignons 74, montés à frottement sur 75, continuent à tourner et à rapprocher les meules jusqu'au contact des pointes, qui arrêtent alors immédiatement leur avance, parce que le frottement des pi-

Digitized by Google

gnons 74 suffit pour annuler tout prolongement de leur rotation par suite du lancé. On voit que les opérations se poursuivent avec une régularité parfaite, en rattrapant automatiquement l'usure des meules.

Dans l'*appel d'incendie* de *Kirnan*, les signaux sont traduits en chiffres sur trois tambours a (fig. 30 à 33), de 1 à 9, avec interruption entre 1 et 9.

La rotation de chacun de ces tambours est commandée par un levier d'échappement d (fig. 31 et 33) pivoté en 3. Quand, pour un des tambours ce levier est soulevé par son pied d_4, comme en figure 31, la butée d_3, de ce tambour se déclenche du talon d', et est reprise par le talon d_2; puis quand d, lâché en d_4, comme nous le verrons, retombe sous l'action du ressort d_5, d_3 passe entre d' et d_2, de sorte que le ressort c' (fig. 30), relevant la crémaillère c (fig. 31) fait tourner a dans le sens de la flèche, jusqu'à ce que la fiche d_3 suivante vienne se renclencher sur d'. Le tambour tourne donc d'un chiffre à chaque soulèvement du pied d_4 de son levier d. La butée a_3 l'empêche de faire plus d'un tour, et limite aussi son mouvement de retour au zéro, qui se fait en appuyant le levier a_4 pivoté en 4 4, sur les extrémités des crémaillères c, mouvement auquel les talons d' et d_2 ne s'opposent pas, en raison de leur inclinaison.

Les pieds d_2 sont (fig. 30), commandés par la poussée d'une bielle ee', dont l'arbre e est mené par le train d'horlogerie f, f_1 f_2 f_3, à palette régulatrice f_5, et à échappement e_3. Cet échappement est contrôlé par la butée g du levier g' g', pivoté en 5. Quand l'électro g, lâche son armature g', g lâche e_3, de manière que e_2 tourne et soulève le pied d_4, sous lequel se trouve alors e. En même temps, la came e_4 ramène, par le bras à ressort g' g_2, l'armature g' tout près de l'électro-aimant g_2, et la butée e_5 fait, par le levier e^6, pivoté en 6, enclencher, par e_7 l'extrémité g_4 de l'armature, de manière à maintenir g' à proximité de son électro-aimant, qui ne doit ainsi dépenser que peu d'énergie pour l'attirer. Aussitot que g' est attiré, g_4 lache e_7, qui retombe dans la position indiquée en figure 30, laissant l'armature libre de retomber aussitôt que g_2 la lâche de nouveau. On voit, qu'à chaque appel de g_2, e_4 fait un tour, et fait frapper à e un des pieds d_4, en ramenant d' à proximité de g_2, prêt pour une seconde opération.

La bielle e est guidée (fig. 31) à sa partie supérieure par un coulisseau h, pivoté sur un plateau i, monté à frottement sur l'axe j du pignon j' (fig. 30) commandé par le pignon j_2, à échappement pendulaire j_3, et l'axe j porte un rochet fou j_4, en prise avec le secteur j_5 à ressort j^6, appuyant son galet j_7 sur la came

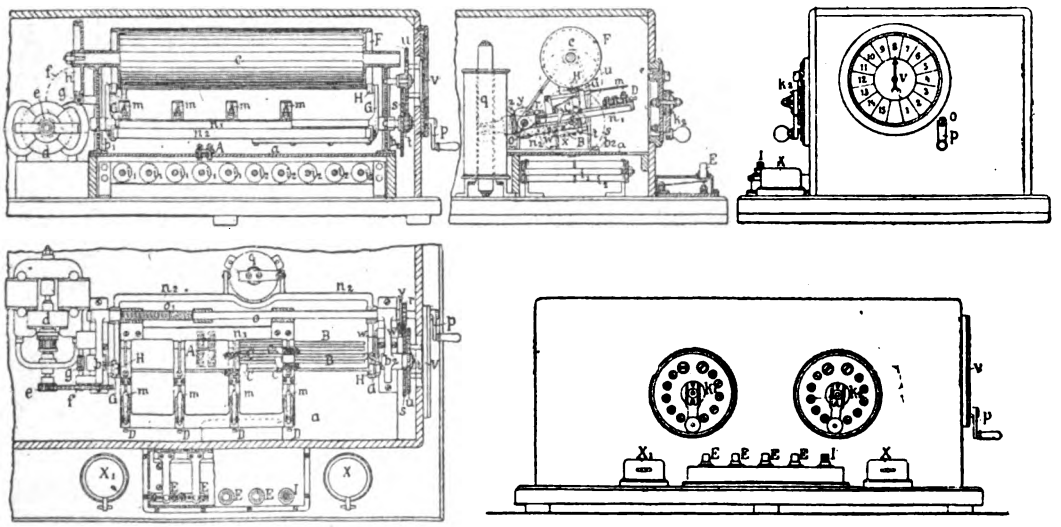


Fig. 18 à 22. — Sirène électrique *Kummer* à cylindre.

Digitized by Google

e^6 de l'axe e_2. A chaque tour de e_4, j_5 fait pivoter le rochet f_4, malgré le ressort j_6, dont la détente remonte ensuite, par ce rochet et son cliquet fixé sur j_4, le mécanisme d'horlogerie j_2, auquel l'échappement j_3 imprime un mouvement uniforme.

La vitesse de ce mouvement est telle que e est transporté, par h, d'un pied d_4 à l'autre pendant l'intervalle de temps qui sépare l'envoi des différents chiffres d'un signal : par exemple, les 3, les 4 et les 5 coups du signal 3, 4, 5.

actuellement en jeu n'est pas éloignée par le mécanisme d'horlogerie de la butée e_9, de sorte que, d'un coup à l'autre, e frappe toujours le même pied d_4. Au contraire, quand on laisse passer entre deux coups un temps suffisamment long, le coup suivant frappe le deuxième ou le troisième pied d_4, suivant la longueur de cet intervalle.

Après l'envoi d'un message, il faut remettre l'appareil au zéro, ce qui se fait comme suit, en tirant la corde a_7, qui, a_6 a_5, appuie a_4, sus les extrémités supérieures des crémaillères e,

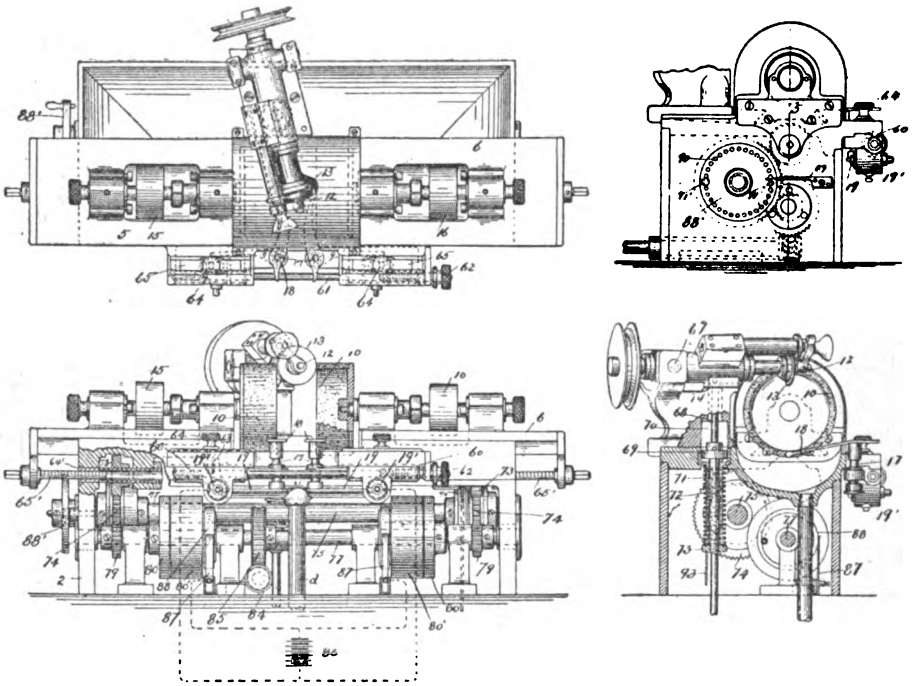


Fig. 23 à 26. — Meule électrique *Church* (1894). Plan vue par bout. Elévation; coupe transversale.

Le plateau i porte des dents i', par lesquels la butée e_9 de e_2 ramène i de gauche à droite, de manière que, si ce rappel se fait par la dent i' de gauche, e vienne, par la rotation de e_2, frapper le pied d_4 de gauche, comme en figure 30, puis le pied du milieu, quand e_9 repousse la dent de droite. Le plateau i tourne donc indépendamment de j, par sa poussée sur e_4, puis, aussitot après l'arrêt de e_3, il est entraîné par j de gauche à droite. S'il ne s'écoule entre les tours de e^2 qu'un temps très court, comme entre les différents coups correspondant à un chiffre d'un tambour a, la dent

les abaisse, malgré leurs ressorts de rappel c'. En même temps, le bras a_8 de la tige a_5 fait, par i_2, pivoter le plateau i d'un angle limité par la butée g_4, de manière à ramener e au-dessous du pied d_4 de gauche, comme sur la figure 30, prêt à recommencer une seconde opération.

La came 16 (fig. 32) est telle qu'elle remonte le mécanisme suffisamment pour lui répéter deux fois le même signal; mais si, ayant reconnu du premier coup le signal, on ramène l'appareil au zéro avant sa répétition, il faut éviter que le plateau i ne continue à

Digitized by Google

tourner après cette remise au zéro. A cet effet, le levier *d* porte (fig. 31) un balancier 5, à ressort de rappel 6', et qui se trouve main tenu dans la position indiquée en traits pleins par la crémaillère *c*, quand l'appareil est ramené au zéro : dans cette position, on voit que ce balancier vient, par 10, arrêter l'arbre 8 de l'échappement j_3, et, par suite, tout le mouvement d'horlogerie, ainsi que la rotation du plateau *j*. Dès, au contraire, que *c* se lève, ce balancier, déclanché en 7, est ramené par 6' dans la position pointillée, où il laisse librement repartir l'axe 8.

La navette A (fig. 34) du *métier electrique Lombard* est entraînée par deux électro-aimants D et D'. L'électro D' suit D sur les rails K et D doit être assez puissant pour entraîner A D' et vaincre la force centrifuge de A. C'est une solution en apparence fort simple, mais qui paraît peu pratique, en raison de la diffi-

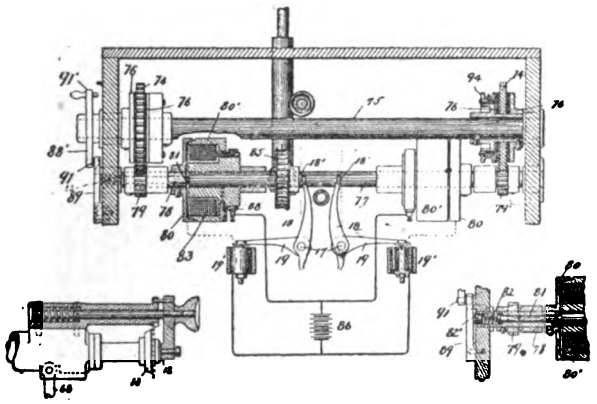


Fig. 27 à 29 — Meule électrique *Church*. Coupe par l'embrayage électromagnétique et ses contacts. Détails du chuck 13 et de l'embrayage.

culté de maintenir la concordance des trois mobiles D A D', malgré les variations inévitables de la résistance de A.

Le *conducteur sectionné de W. L. Dudgeon* a (fig. 36, nos 1 à 7) pour objet d'en permettre la rupture sans danger d'étincelle, de manière à pouvoir l'employer sans inconvénient dans les usines à grisou. Ce câble *c* comprend (fig. 1 à 5) deux conducteurs, un principal *aa* et un auxiliaire *bb*, réunis par des accouplements *e f h g*, dont les parties *e* et *f* sont reliées à *a a*, et les parties *h* et *h* à *b b*. Le tout est enveloppé d'une gaine *i*. En cas de rupture, le contact *t e* se défait après celui *h g* du conducteur auxiliaire.

L'on a dérivé sur les circuits *aa bb*, deux électros-aimants *j* et *k* (fig. 5) avec shunt *l*, et, au bout de la ligne, l'on a relié les extrémités des deux fils auxiliaires par un accouplement *m*, à plomb fusible *n*. Dès que, par suite

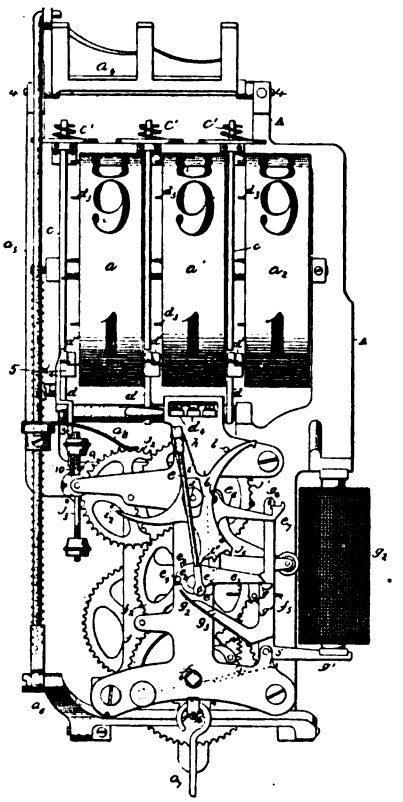


Fig. 30. — Appel d'incendie *Kirnan* (1894) Gamewell Fire alarm. Telegraph Co (New-York).

d'un accident quelconque, l'accouplement *e f h g* se rompt, la rupture du circuit *b b*, qui se fait avant le déchirement de l'enveloppe *i*, coupe le courant aux électros *k k*, qui, lâchant leurs armatures, coupent du circuit les conducteurs principaux, avant leur rupture en *i*, qui peut alors se faire sans danger d'étincelles.

En cas d'écrasement du câble, *b* vient au contact de *a*, en *p* par exemple (fig. 6), de sorte que le courant, revenant de ce point à l'électro *k*, puis ce cet électro à l'autre fil *a*, coupe du circuit l'électro $k_1 j$, qui, lâchant son

Digitized by Google

armature, sépare, comme précédemment, *a a* du circuit. Il en serait encore ainsi pour le cas improbable où la mise en court circuit des conducteurs *aa* et *bb* se ferait sur deux points à la fois, *p* et *p* (fig. 7), car il passe alors, par la dérivation *l*, un courant assez puissant pour que son électro-aimant, attirant son armature, coupe le circuit *b b*. Il en serait de même s'il se produisait à la terre, par O, une fuite assez importante pour faire lâcher leurs armatures aux aimants *j* et *k*.

Nous avons décrit, au cours de l'actualité, un certain nombre de *Trieurs électromagnétiques* (1). Nous complétons aujourd'hui ces renseignements par quelques descriptions empruntées à un récent travail de *M. Commans* sur la préparation mécanique des minerais (2).

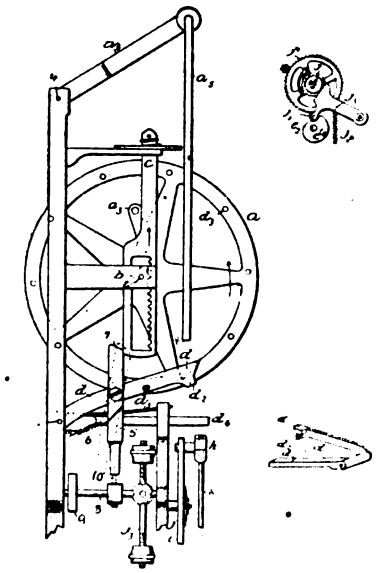


Fig. 31 à 33. — Appel d'incendie *Kirman*. Mécanisme des tambours, détails de la caisse e_6 et des leviers d'échappement.

(1) Alexander, *La Lumière Électrique*, t. XLIV, p. 426; Ball et Norton, XXXVIII, 282; Conkling, XXXIV, 428; XLVI, 380; Edison, XXXIV, 428; XLIV, 280; XLVI, 36. Elliott, XXXIX, 529. Ferraris, XL, 379. Finney, XLI, 385. Hidder-Scott, XIX, 318. Hobson, XXXVIII, 480, Kessler, XXI, 518. Lowett, XLVII, 235. Moffat, XXXVI, 33. Payne XLIX, 525. Tafel, XLI, 429. Thomson et Sanders, XLV, 32; XLIX, 424.

(2) « On the Sizing of Crushed Minerals » (Inst. of civil Engineers London, 9 janvier 1894).)

Le principe du triage électromagnétique aurait été appliqué, d'après M. Commans, pour la première fois en 1854, par *M. Sella*, au Piémont, avec un appareil dont il fallait rompre le courant pour dégager les électro-aimants (1).

En 1881, *Héberlé* fit fonctionner, dans la mine de Friedrichssegen, sur le Lahn, une trieuse continue pour séparer la blende du fer spathique, de densité presque identique, et, par conséquent, très difficile à séparer par lavage. On grille le minerai en gros morceaux dans des fours, et le minerai pulvérulent au reverbère afin de transformer le carbonate de fer en oxyde magnétique.

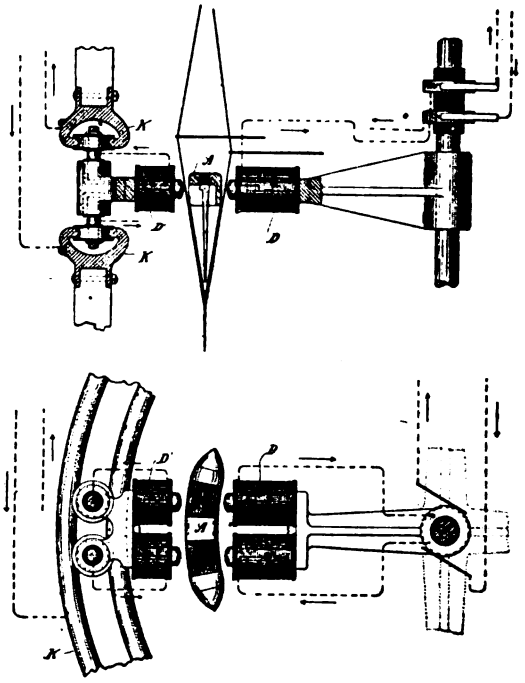


Fig 34 et 35.— Métier électrique *Lombard*

Dans le trieur Héberlé, les électro-aimants sont (fig. 37) fixés à l'intérieur d'un tambour tournant, en bronze, pourvu de petites ailettes. Le minerai, en morceaux de 3 millimètres de côté, tombe un peu au-dessus du diamètre horizontal de ce tambour, qui laisse les parties

(1) A rappeler aussi les appareils de *Chenot*, *Deleuil*, *Vavin*... (*Bulletin de la Société d'encouragement*, janvier 1876.)

Digitized by Google

non magnétiques achever leur chute, pendant qu'il entraîne à droite de la fig. 37 les parties magnétiques à peu près triées, et qui passent ensuite à un second appareil achevant le triage. Le minerai, qui contient à l'origine 10 à 15 o/o de zinc et 18 à 20 o/o de fer, ne renferme, après triage, que 6 à 8 o/o de fer.

On peut trier de même les pyrites de fer et

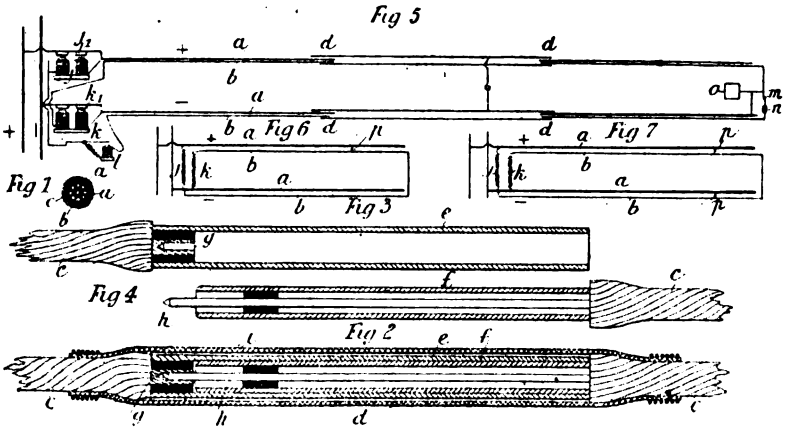


Fig. 36 (N°s 1 à 7) Câble de sûreté *Dudgeon*.

de cuivre, la blende, etc., mais la principale application des trieurs magnétiques n'est pas tant dans la séparation des substances magnétiques des minerais plus précieux que dans la séparation du fer magnétique de sa gangue, de manière à le concentrer suffisamment pour

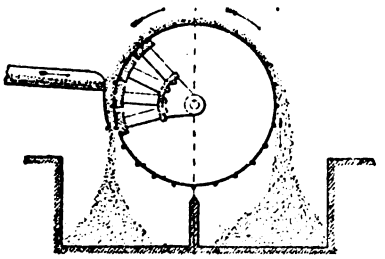


Fig. 37. Trieuse *Héberlé*.

pouvoir le traiter économiquement en partant d'un minerai trop pauvre pour payer son transport aux usines. On a exploité ainsi de grands gisements de magnétite aux États-Unis.

M. Commans rappelle ensuite les appareils de Bell, Norton, Conkling, Lowell, Finney, Edison, etc., appareils que j'ai décrits dans *La Lumière Electrique*.

La trieuse *Kessler* (1) adoptée par la Société Humboldt, est appliquée avec succès dans une centaine d'installations.

La trieuse représentée par les figures 38 et 39 adoptée aux mines de Pierrefitte et de Friederichssegen, est construite par la maison *Sautter-Harlé*. Le minerai passe de la trémie A, par la vanne P, sur le secoueur C, qui l'amène, par F, au tambour D, en cuivre, avec électro-aimants fixes E, qui fonctionne comme celui d'Héberlé. A' Pierrefitte, pour la séparation de la blende et de la magnétite, la vitesse

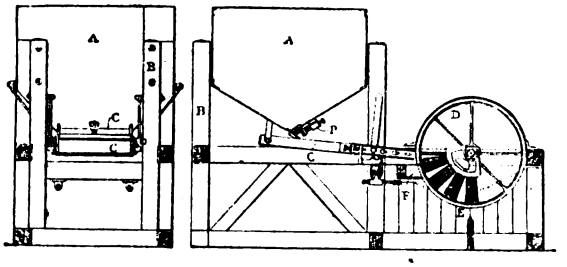


Fig. 38 et 39. Trieuse *Sautter-Harlé*.

est de 64 tours; on traite par heure 4 à 5 tonnes de minerai, avec un courant de 16 ampères, 110 volts, représentant une puissance de 2, 3 chevaux.

GUSTAVE RICHARD.

(1) *La Lumière Électrique*, 11 septembre 1886, p. 518.

Digitized by Google

A PROPOS

DE LA SUPPRESSION DU FIL INTERMÉDIAIRE

DANS LES DISTRIBUTIONS A TROIS FILS

On se souvient peut-être de l'article que j'ai consacré les 2 et 9 juin derniers dans la *Lumière Electrique* à la difficulté d'obtenir, dans les distributions à trois fils, une suffisante régularité de voltage et à l'intérêt qu'il y aurait à supprimer purement et simplement le fil intermédiaire de ces distributions. J'ai reçu à ce propos une très intéressante lettre de M. P. Vitte, le distingué ingénieur électricien de la Compagnie du gaz de Lyon, lettre que j'aurais déjà signalée depuis longtemps si des circonstances indépendantes de ma volonté ne m'en avaient empêché.

Ce n'est pas sans quelque hésitation, je l'ai fait remarquer, que j'ai émis une proposition d'apparence aussi subversive, mais dont en réalité le plus grave inconvénient est de n'avoir pas été soumise jusqu'ici au contrôle de la pratique. J'ai donc été très heureux de pouvoir constater que, sur ce point, M. Vitte m'apportait le concours de son opinion, opinion d'autant plus précieuse qu'elle repose sur une expérience à laquelle je ne puis prétendre pour ma part.

« J'approuve absolument, dit M. Vitte, l'idée que vous émettez au sujet des distributions à trois fils :

« Pourquoi, en un mot, ne supprimerait-on « pas le fil du milieu, cause de tous les en- « nuis, de manière à distribuer directement à « 200 volts, et à alimenter des lampes placées « par groupes de deux en tension? »

« J'ajoute que pour les lampes ne pouvant s'accommoder d'être groupées par deux et devant rester isolées, soit que l'abonné désire une seule lampe, soit que l'application particulière nécessite une lampe et non pas deux fonctionnant simultanément, soit enfin pour toute autre cause, on pourrait employer les lampes de 200 volts, un peu plus fragiles que les autres, mais certainement très réalisables à l'heure actuelle pour les intensités de 16 et même de 10 bougies.

« On fait bien des lampes de 5 bougies à 110 volts; il n'y a plus qu'à mettre deux des filaments correspondants en tension, avec quelques précautions, pour avoir les 10 bougies à 220 volts.

« A plus forte raison, la lampe de 16 bougies sera-t-elle d'une réalisation facile.

« En un mot, la nécessité d'avoir, dans certains cas, recours aux lampes isolées de 200 volts, un peu plus fragiles et un peu plus chères, ne peut constituer un argument contre la distribution à deux conducteurs et 220 volts, étant donnés les *immenses avantages* de ce mode de distribution et la possibilité de réduire à une fraction très petite le nombre de ces lampes isolées. Une usine qui se monterait à 220 volts et deux conducteurs aurait certainement beaucoup moins d'ennuis qu'on ne le suppose généralement. »

On ne peut pas mieux dire.

Dans mon article, je n'avais pas insisté sur la possibilité de brancher directement des lampes sur 200 volts, parce que, comme le dit M. Vitte, si les lampes à 200 volts sont réalisables, elles ne sont pas aussi pratiques à l'heure actuelle que les lampes de 100 volts. Or, comme je n'avais en vue, en m'occupant de la distribution à 200 volts et deux conducteurs, que la possibilité de réaliser d'une manière pratique le *poussage* des lampes à 2,5 watts par bougie, j'avais éliminé par cela même des systèmes de lampes qui ne pourraient pas supporter une semblable marche, et j'avais étendu, à tort, cette élimination à tous les cas. M. Vitte nous rappelle avec raison que le cas des lampes de 200 volts ne serait que l'exception, mais que leur existence donnerait toujours la possibilité d'offrir satisfaction à l'abonné qui, contre ses intérêts, voudrait recourir au système des lampes isolées.

C'est là un argument de plus pour le mode de distribution que j'ai préconisé et je remercie beaucoup M. Vitte de me l'avoir procuré.

Digitized by Google

Je ne regrette qu'une chose, c'est que la distribution de l'usine de Lyon comporte deux fils seulement; sans cela, la vérification expérimentale de ces vues sur un circuit partiel d'une distribution à trois fils, vérification qui présenterait un grand intérêt, serait depuis longtemps, sans aucun doute, un fait accompli.

G. CLAUDE.

DU POUVOIR ÉCLAIRANT

DES PROJECTEURS DE LUMIÈRE ÉLECTRIQUE (1)

Après avoir fait cette observation, continuons notre investigation.

D'après les théorèmes de l'optique, si une couche de substance quelconque, d'épaisseur *l*, laisse passer la C^ième partie de lumière qui a pénétré dans cette substance, une couche d'épaisseur *h* en laissera passer $C^{\frac{h}{e}}$, de sorte qu'en adoptant le nombre de M. Kulman, une couche d'air de A kilomètres laissera passer $0{,}976^{A}$, c'est-à-dire que le *k* dont nous avons parlé plus haut est : $0{,}976^{A}$, ou en désignant la distance, exprimée en mètres comme ci-dessus, par D.

$$k = 0{,}976^{\frac{D}{1000}}$$

Si D = 3000, comme dans le tableau A, *k* sera par conséquent : 0,9297 (c'est-à-dire $0{,}976^{3}$), de sorte qu'il faudra multiplier par 0,9297, ou en simplifiant, par 0,93 tous les nombres placés dans les deux dernières colonnes à droite du tableau A, c'est-à-dire, réduire ces nombres de 7 o/o.

De la visibilité relative des objets éclairés

Disons maintenant quelques mots sur *la visibilité relative* des objets situés à différentes distances du réflecteur dans le cercle de rayon angulaire de 10′, et à différentes distances de l'observateur; nous supposerons ce dernier placé tantôt devant le réflecteur (c'est-à-dire plus près de l'objet éclairé) tantôt derrière le réflecteur (c'est-à-dire plus loin de l'objet éclairé) tantôt, enfin, à côté du réflecteur. Il va sans dire qu'il faut tout d'abord nous entendre sur « *la mesure de visibilité relative* » que nous allons adopter.

Nous croyons, que dans le cas où l'objet éclairé présente un plan indéfini perpendiculaire à la ligne de vision, par exemple, un grand mur etc., (1) il faut prendre pour cette mesure la quantité de lumière que reçoit l'unité de surface de la rétine de l'observateur, qui regarde l'objet donné, c'est-à-dire — pour nous exprimer avec une exactitude mathématique —, il faut prendre pour cette unité de mesure la quantité d'énergie lumineuse, qui tombe sur l'unité de surface de la rétine de l'observateur. En d'autres termes, nous prenons pour la mesure de la visibilité relative — *la vivacité d'éclairement de la rétine* de l'observateur; en prenant pour unité de visibilité relative — la visibilité qui existe lorsque la distance de l'œil à l'objet est égale à 1 mètre, l'intensité d'éclairement étant égale à 1 bougie-mètre et l'absorption atmosphérique étant nulle.

Nous savons déjà que pour le réflecteur I la quantité de lumière reçue par chaque mètre carré du cercle de rayon angulaire de 10′ est, (en l'exprimant dans les unités que nous avons adoptées); $\frac{kK}{D^2} \times 165751000$ (voir la table A où, du reste, le facteur *k* est omis), c'est-à-dire en nous rappelant que nous considérons K égal à 0,9, et en introduisant à la place de *k* sa valeur que nous venons de trouver égale à $0{,}976^{\frac{D}{1000}}$ nous aurons pour cette quantité de lumière :

$$\frac{0{,}976^{\frac{D}{1000}}}{D^2} \times 149175900$$

Pour le réflecteur II l'expression correspondante sera :

$$\frac{0{,}976^{\frac{D}{1000}}}{D^2} \times 162666720$$

(1) L'*Eclairage Electrique* du 29 septembre 1894, p. 104.

(1) Plus tard nous analyserons un cas plus général, mais pour le moment occupons-nous de celui-ci.

Digitized by Google

TABLEAU A.

	Pour le réflecteur I.	Pour le réflecteur II.	Pour le réflecteur III.	Pour le réflecteur I lorsque R = 0,9; D = 3000.	Pour le réflecteur II lorsque K = 0,9; D = 3000.
Toute la quantité de lumière que l'écran reçoit du réflecteur est.....	K. 128695,3	K. 104797,13	K. 186663,7	115822,8	9317,42
Rayon angulaire du champ éclairé.....	1°31'	1°8'20"	0°59'37"		
Quantité de lumière, qui tombe sur le cercle de rayon angulaire de 10'..	K. 4405 6	K. 4805,2	K. 10214,8	3965,1	4324,7
Intensité moyenne d'éclairement de ce cercle	$\frac{K}{D^2}$. 165751000	$\frac{K}{D^2}$. 180740800	$\frac{K}{D^2}$. 384226800	16,58	18,07
Quantité de lumière, qui tombe sur l'anneau compris entre les circonférences de rayons angulaires de 10' et 20'.....	K. 13216,9	K. 14415,4	K. 30644,76	11895,2	12973,9
Intensité moyenne d'éclairement de cet anneau.....	$\frac{K}{D^2}$. 165751000	$\frac{K}{D^2}$. 180765700	$\frac{K}{D^2}$. 384281700	16,56	18,09
Quantité de lumière, qui tombe sur l'anneau entre les circonférences de rayons angulaires de 20' et 30'.	K. 19501,6	K 23015,0	K. 48762,5	17551,5	20740,5
Intensité moyenne d'éclairement de cet anneau.....	$\frac{K}{D^2}$. 146710800	$\frac{K}{D^2}$. 173370400	$\frac{K}{D^2}$. 366831700	14,67	17,34
Quantité de lumière, qui tombe sur l'anneau entre les circonférences de rayons angulaires de 30 et 40'.	K. 22788,5	K. 25915,5	K. 51707,76	20509,7	22456,4
Intensité moyenne d'éclairement de cet anneau.. .	$\frac{K}{D^2}$. 122441600	$\frac{K}{D^2}$. 134009900	$\frac{K}{D^2}$. 277825900	12,24	13,41
Quantité de lumière, qui tombe sur l'anneau entre les circonférences de rayons angulaires de 40 et 50'.	K. 22986 9	K. 22217,4	K. 36320,8	20688,2	1995,7
Intensité moyenne d'éclairement de cet anneau.....	$\frac{K}{D^2}$. 96064200	$\frac{K}{D^2}$. 92852100	$\frac{K}{D^2}$. 151782103	9,61	9,29
Quantiié de lumière, qui tombe sur l'anneau entre les circonférences de rayons angulaires de 50' et 1°.	K. 20395,6	K. 12962,1		18356,0	11665,3
Intensité moyenne d'éclairement de cet anneau.....	$\frac{K}{D^2}$. 69724980	$\frac{K}{D^2}$. 44312870		6,97	4,43
Quantité de lumière, qui tombe sur l'anneau entre les circonférences de rayons angulaires de 1° et 1°10'.	K. 15440,5			13896,5	
Intensité moyenne d'éclairement de cet anneau....	$\frac{K}{D^2}$. 44659810			4,47	
Quantité de lumière, qui tombe sur l'anneau entre les circonférences de rayons angulaires de 1°10' et 1°20'.....	K. 7481,6			6733,4	
Intensité moyenne d'éclairement de cet anneau.....	$\frac{K}{D^2}$. 18753020			1.88	
Quantité de lumière, qui tombe sur l'anneau entre les circonférences de rayons angulaires de 1°20' et 1°30'.	K. 2478,4			2230,6	
Intensité moyenne d'éclairement de cet anneau.....	$\frac{K}{D^2}$. 5478830			0,548	
Quantité de lumière, qui tombe sur l'anneau *extrême*.	(1)	K. 201,2	K. 9613,8	(1)	2161,1
Intensité moyenne d'éclairement de cet anneau.....		$\frac{K}{D^2}$. 8749030	$\frac{K}{D^2}$. 33055165		0,87

(1) Pour l'anneau extrême du réflecteur I les chiffres ne sont pas donnés, parce qu'on peut prendre pour l'anneau extrême celui qui est compris entre les circonférences de rayons angulaires de 1°20' et de 1°30'.

Digitized by Google

Et pour le réflecteur III :

$$\frac{0{,}976^{\frac{D}{1000}}}{D^2} \times 345831120$$

De cette lumière il ne se réfléchira qu'une partie (1), mais quelle partie précisément? cela dépendra des propriétés de la surface de l'objet; mais comme il ne s'agit que de faire des analyses comparatives, nous avons le droit de ne pas tenir compte de ce détail. Les rayons réfléchis, dispersés dans toutes les directions par chaque élément de la surface de l'objet éclairé, forment un faisceau divergent, de sorte que la quantité de lumière parvenue de l'élément donné à l'œil de l'observateur placé à la distance D′ de l'objet éclairé, doit être proportionnelle à l'intensité de l'éclairement de cet élément, multipliée par $\frac{I}{D'^2}$ (2) et encore par la fraction k', qui est égale à $0{,}976^{\frac{D'}{1000}}$, attendu que, pour passer de l'objet dans l'œil de l'observateur les rayons doivent traverser une couche d'air de D′ mètres d'épaisseur. Or, l'image d'un élément donné sur la rétine est *également* proportionnelle à $\frac{I}{D^2}$; donc, dans l'expression de la densité d'éclairement de la rétine, — qui est égale à la quantité de lumière qui a pénétrée dans l'œil divisée par l'aire éclairée sur la rétine, — le terme $\frac{I}{D'^2}$ qui entre à la fois et dans le numérateur et dans le dénominateur, se réduira et il ne restera que le facteur $0{,}976^{\frac{D'}{1000}}$.

(1) Tout ce passage s'applique également à un objet à dimensions définies, ayant des détails entourés de contours.

(2) A proprement parler, si l'œil se trouvait à des distances *très* courtes (par exemple, moins d'un mètre) de l'objet éclairé, la quantité de lumière qu'il reçoit ne saurait être considérée comme proportionnelle à $\frac{1}{D^2}$. Cependant nous ne ferons que mentionner ce fait, pour éviter des malentendus, sans entrer dans le détail, d'autant plus qu'en pratique on n'aura jamais à observer les objets à une distance très petite.

De sorte que, pour la formule de la visibilité relative d'un mur quelconque situé dans le cercle de rayon angulaire de 10′, à la distance de D mètres du réflecteur et à D′ mètres de l'observateur, il faudra adopter, pour le réflecteur I, l'expression :

$$\frac{0{,}976^{\frac{D}{1000}}}{D^2} \times 149175900 \times 0{,}976^{\frac{D'}{1000}} = \frac{0{,}976^{\frac{D+D'}{1000}}}{D^2} \times 149175900,$$

pour le réflecteur II :

$$\frac{0{,}976^{\frac{D+D'}{1000}}}{D^2} \times 162666720,$$

et enfin, pour III :

$$\frac{0{,}976^{\frac{D+D'}{1000}}}{D^2} \times 345831120.$$

En chiffres ronds on pourrait écrire :

$$\frac{0{,}976^{\frac{D\,D'}{1000}}}{D^2} \times 149000000;$$

$$\frac{0{,}976^{\frac{D+D'}{1000}}}{D^2} \times 163000000, \quad \text{et} \quad \frac{0{,}976^{\frac{D+D'}{1000}}}{D^2} \times 346000000.$$

En mesurant les distances non plus en mètres, mais en kilomètres et en désignant le nombre de kilomètres par A et A′, en posant, par conséquent $A = \frac{D}{1000}$ et $A' = \frac{D'}{1000}$, les expressions que nous venons de donner prendront la forme suivante :

$$\frac{0{,}976^{A+A'}}{A^2} \times 149; \quad \frac{0{,}976^{A+A}}{A^2} \times 163;$$

et enfin,

$$\frac{0{,}976^{+A'}}{A^2} \times 346$$

pour I, II, III respectivement.

Et les expressions de la page précédente deviendront :

$$\frac{0{,}976^{A}}{A^2} \times 149; \quad \frac{0{,}976^{A}}{A^2} \times 163; \quad \frac{0{,}976^{A}}{A^2} \times 346,$$

(pour I, II et III respectivement).

D'après ces considérations il nous sera facile de construire le diagramme de la fig. 18. Dans

Digitized by Google

celui-ci les ordonnées des deux courbes descendant de gauche à droite représentent, en bougies-mètre, l'intensité absolue d'éclairement du cercle de rayon angulaire de 10′ à des distances différentes du réflecteur, supposé au point o; ces distances sont portées sur l'axe des abscisses. Pour le réflecteur I nous nous

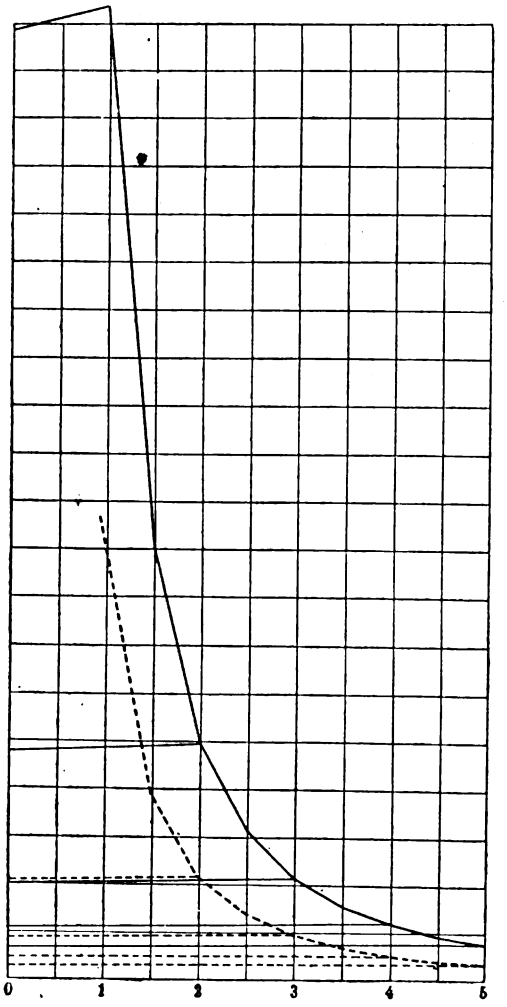


Fig. 18.

servons de lignes pointillées, et pour III de lignes continues.

Les lignes faiblement inclinées de droite à gauche représentent les visibilités relatives à des distances différentes de l'objet et de l'observateur au réflecteur. L'observateur est toujours supposé placé en avant du réflecteur (c'est-à-dire plus près de l'objet) ou bien auprès du réflecteur.

Par exemple, l'intersection de la droite menée de l'extrémité de l'ordonnée, qui représente la densité d'éclairement à la distance 4, avec l'ordonnée élevée au point dont l'abscisse est 3 — cette intersection représente la visibilité relative de l'objet, distant de 4 kilomètres du réflecteur lorsque l'observateur se trouve à 3 kilomètres du réflecteur, etc.

Comme unité nous avons pris 0,06024 d'une division en direction verticale (1); les chiffres sous l'horizontale représentent *les kilomètres*.

Nous donnons ici le tableau des valeurs des expressions :

$$\frac{0{,}976A}{A^2} \times 149; \quad \frac{0{,}976A}{A^2} \times 163, \quad \text{et} \quad \frac{0\,976A}{A^2} \times 346,$$

lorsque A varie; ces expressions représentant en bougies-mètre, pour nos trois réflecteurs, l'intensité absolue de l'éclairement de l'écran dans le cercle de rayon angulaire de 10′.

Voici ce tableau de l'intensité de l'éclairement à différentes distances du réflecteur :

A	I	II	III
1/4	2375.87	2588.11	5504.56
1/2	590.38	642.84	1367.84
1	145.83	158.78	337.81
1 1/2	63.99	69.72	148.32
2	35.61	38.76	82.42
2 1/2	22.49	24.49	52.12
3	15.44	16.77	35.77
4	8.47	9.21	19.67
4 1/2	6.64	7.204	15.36
5	5.312	5.760	12.28
5 1/2	4.316	4.706	10.04
6	3.569	3.909	8.30
7	2.573	2.80	5.96

Jusqu'à présent nous avons supposé que notre objet présente un plan indéfini, par exemple, un mur très grand, et c'est pourquoi nous avons adopté pour mesure de sensibilité relative la vivacité d'éclairement de la rétine, sans nous occuper des autres facteurs. Or,

(1) Nous employons cette proportion parce que jusqu'ici nous nous sommes servis non pas de bougies, mais de carcels et alors à chaque unité correspond à 0,5 d'une division suivant la verticale.

Digitized by Google

dans la plupart des cas, nous avons à observer des objets dont les détails sont entourés de contours, et on peut être certain que, pour ces objets, le degré de visibilité dépend non seulement de la vivacité d'éclairement de la rétine, mais aussi, directement, des dimensions de l'image formée. Il nous semble qu'il serait plus naturel et plus simple d'admettre que la visibilité relative est proportionnelle à la densité d'éclairement de la rétine et aux dimensions linéaires de l'image formée sur elle, et, par conséquent, d'adopter comme formule de la visibilité relative de l'objet, placé à la distance D du réflecteur et à la distance D′ de l'observateur, l'expression :

$$\frac{0{,}976^{\frac{D}{1000}}}{D^2} \times 149179220 \text{ multipliée par } 0{,}976^{\frac{D'}{1000}}$$

et encore par $\frac{I}{D'}$,

c'est-à-dire $\frac{0{,}976^{\frac{D+D'}{1000}}}{D^2 D'} \times 149179220$

pour le réflecteur I, et

$$\frac{0{,}976^{\frac{D+D'}{1000}}}{D^2 D'} \times 162666720; \quad \frac{0{,}976^{\frac{D+D'}{1000}}}{D^2 D'} \times 345827800$$

pour II et III.

Encore ici nous prenons comme unité de visibilité relative la visibilité qui existe lorsque la distance de l'observateur à l'objet égale 1 mètre, et la vivacité d'éclairement de l'objet égale 1 bougie-mètre, l'absorption atmosphérique étant nulle.

Si l'on mesure la distance non plus en mètres, mais en kilomètres, en désignant par A le nombre de kilomètres du réflecteur à l'objet et par A′ le nombre de kilomètres de l'observateur à l'objet, ces expressions deviennent :

$$\frac{0{,}976^{A+A'}}{A^2 A} \times 0{,}149179220; \quad \frac{0{,}976^{A+A'}}{A^2 A'} \times 0{,}162666720, \text{ et}$$

$$\frac{0{,}976^{A+A}}{A^2 A'} \times 0{,}345827800$$

pour I, II, et III respectivement, comme il est facile de s'en convaincre en remplaçant dans les expressions précédentes D, par 1000 A et D′ par 1000 A′.

Nous avons dressé un tableau de visibilité relative, que ces formules donnent pour I et III, avec différents A et A′.

Pour plus de clarté nous avons exprimé les nombres de ce tableau par le diagramme ci-joint (fig. 19).

Chaque courbe de ce diagramme correspond à une distance déterminée de l'objet au réflecteur, distance qui est indiquée par un chiffre répété le long de la courbe. Les ordonnées de

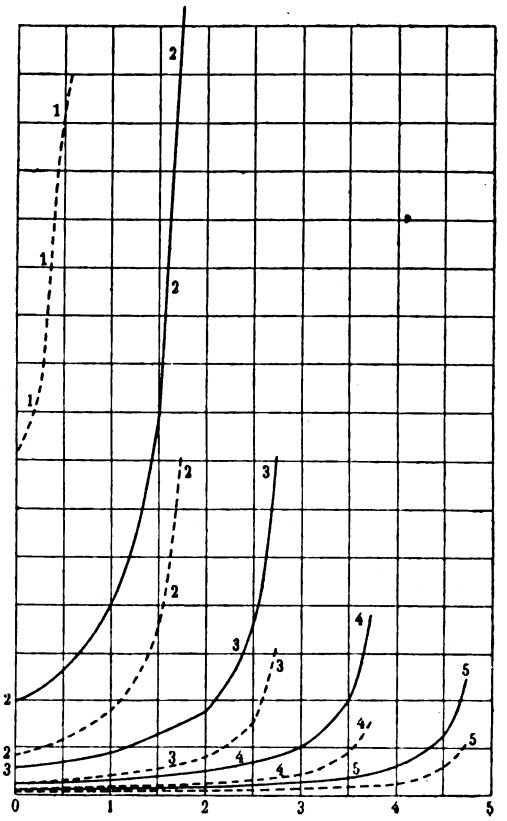


Fig. 19.

chaque courbe représentent les visibilités relatives qui existent à des distances de l'observateur au réflecteur exprimées (en kilomètres), par les abcisses correspondantes.

Les ordonnées de nos courbes donnent les nombres du tableau précédent, multipliés par 0,05. En d'autres termes, une division suivant la verticale correspond à $\frac{I}{50}$ de l'unité de visibilité relative dont nous avons parlé plus haut (1).

(1) Tous les nombres de cette table sont multipliés par 1000.

Digitized by Google

On pourrait peut-être croire qu'il serait aussi exact d'admettre que la visibilité est proportionnelle à la densité de l'éclairement de la rétine et à *l'aire* de l'image formée sur celle-ci ; mais alors l'influence de la distance qui sépare l'observateur de l'objet sur la visibilité de ce dernier devient *trop* forte, beaucoup plus forte que l'expérience ne le montre; dans ce cas, comme il est facile de s'en convaincre, on devrait prendre comme formule de la divisibilité les expressions :

$$\frac{0{,}976^{\frac{D+D'}{1000}}}{D^2 D'^2} \times 149179220;$$

$$\frac{0{,}976^{\frac{D+D'}{1000}}}{D^2 D'^2} \times 162666720, \quad \text{et} \quad \frac{0{,}976^{\frac{D+D'}{1000}}}{D^2 D'^2} \times 345827800.$$

pour I II et III respectivement; or ces formules montrent que, — même en employant le réflecteur III — si la distance entre le réflecteur et l'objet = 4 kilomètres et si l'observateur se trouve auprès du réflecteur, la visibilité sera : $1{,}08 \times 10^{-6}$, c'est-à-dire qu'elle ne surpassera que de 8 o/o la visibilité qui existerait lorsque l'intensité d'éclairement serait égale à une *bougie-kilomètre* (!!) et la distance de l'œil à l'objet égal un mètre (cela parce que les carrés des distances entrent deux fois comme dénominateurs). Cependant, s'il en était ainsi, l'observateur, dans ces conditions, ne verrait rien, alors que l'expérience nous prouve le contraire. Néanmoins nous ne saurions contester que le choix de notre mesure de visibilité relative ne soit quelque peu arbitraire. Pour éviter tout malentendu possible, faisons observer encore que lorsque D' est très petit, c'est-à-dire lorsque l'œil *s'applique* sur l'objet, nos formules aboutissent à l'absurde en donnant pour visibilité une grandeur infinie. Cela provient de ce que en les élaborant, nous nous sommes permis de petites omissions d'ailleurs légitimes, lorsque D' *n'est pas très petit*, mais non admissibles lorsque D est *très petit*. Nous n'insisterons pas là dessus et nous nous contenterons de l'avoir mentionné.

Pour conclure, faisons encore deux observations importantes. On sait que, lorsque l'observateur s'écarte un peu du réflecteur la visibilité augmente considérablement. Cela résulte de ce fait que dans ce cas-là la lumière dispersée du réflecteur ne pénètre pas dans l'œil et ne l'aveugle pas; de plus, entre le point visé et l'œil il n'y a plus de brouillard lumineux du faisceau du réflecteur provenant de la réflexion de la lumière par les particules de poussière, d'eau, etc. Ce phénomène n'a pas été introduit dans nos formules.

Puis, il n'est pas inutile de faire remarquer que dans le tracé précédent les visibilités relatives, déterminées seulement par les *intensités d'éclairement* de la rétine, étaient des quantités *homogènes* avec les *intensités d'éclairement* de l'écran et c'est pourquoi il était commode de les représenter sur le même tracé, précisément avec ces intensités d'éclairement. Mais maintenant, les visibilités relatives et les intensités d'éclairement se présentent comme des quantités *hétérogènes*, c'est pourquoi les placer sur le même tracé serait aussi illogique que de placer sur le même tracé des « archines » et des « pouds », etc.

CONCLUSION

Ainsi, les procédés que avons décrits pour la détermination du pouvoir éclairant des réflecteurs donnent la possibilité de résoudre, à priori, les problèmes suivants :

1) Déterminer l'intensité absolue d'éclairement à des distances différentes du réflecteur donné, et son angle d'éclairement.

2) Trouver la répartition des intensités d'éclairement dans le faisceau lumineux, ou en général, les propriétés éclairantes du réflecteur en fonction de son diamètre, de sa distance focale, de l'intensité du courant (des dimensions du cratère), ou bien, en s'exprimant plus brièvement, déterminer la *caractéristique* du réflecteur.

3) Déterminer l'influence qu'exerce sur la caractéristique du réflecteur donné, l'accroissement de l'intensité du courant (du cratère)

Digitized by Google

et de la lumière de l'arc voltaïque, et fixer la limite du renforcement utile du courant.

4) Comparer le pouvoir éclairant des réflecteurs de différents diamètres et distances focales, autrement dit, comparer leurs caractéristiques.

5) Déterminer de combien on peut éloigner du point visé un réflecteur d'un grand pouvoir éclairant pour obtenir un éclairement équivalent à celui que produirait un réflecteur plus faible, l'observateur se trouvant à une distance déterminée de l'objet.

6) Donner une appréciation approximative du degré de visibilité du point éclairé situé à des distances différentes de divers réflecteurs et de l'observateur, et dire combien il est avantageux d'approcher du point visé les réflecteurs ou l'observateur.

7) Trouver les avantages résultant de l'emploi des lampes inclinées ou horizontales dans les réflecteurs, ayant des rapports différents de leurs diamètres aux distances focales.

Par les mêmes procédés on pourrait résoudre d'autres problèmes semblables.

Dans la description des méthodes nous ne nous occupons que d'un petit nombre de cas pratiques, parce que très prochainement le laboratoire d'électricité de l'Administration générale d'artillerie doit entreprendre des mesures (photométriques) plus détaillées et rationnelles de l'intensité de la lumière envoyée du cratère de l'arc voltaïque suivant différentes directions avec diverses intensités du courant et différentes positions des crayons. Les nombres connus jusqu'à présent pour des courants de 50 à 100 ampères ne sont pas suffisants pour que l'on puisse y baser des calculs ultérieurs très longs, et encore moins des formules générales (1).

W. Tchikoleff et W. Turin.

(1) La deuxième partie du travail de MM. Tchikoleff et Turin encore inédite nous est promise sous peu par les auteurs. N. D. L. R.

EXTRAITS

DE LA PRESSE INDUSTRIELLE

COMMUNICATIONS

Circuits téléphoniques avec piles au bureau central, montage R. Merino.

L'inconvénient qu'il y a à établir pour chaque circuit téléphonique individuel une pile chez l'abonné, les difficultés de l'entretien de batteries multiples et disséminées ont été signalés depuis longtemps, et plusieurs systèmes de montages des circuits ont prévu l'installation d'une batterie de piles unique au bureau central desservant toutes les lignes d'abonnés.

M. Rodriguez Merino, du bureau central téléphonique de Madrid, vient également de faire breveter une disposition permettant de réaliser la centralisation des piles.

Si, au lieu de faire passer le courant de la pile par le microphone et le fil inducteur d'une bobine, en reliant le téléphone à l'induit et à la ligne, on relie les fils de ligne LL' (fig. 1) avec les microphones MM' et avec le fil primaire des bobines II', les téléphones restant uniquement reliés aux circuits induits respectifs des bobines, l'audition aura lieu dans les mêmes conditions que précédemment.

Mais on a cet avantage, que la pile qui actionne les microphones MM' peut être intercalée en un point quelconque de la ligne, et il est alors tout naturel de la placer au bureau central même. Les deux microphones fonctionnent alors avec la même pile, qui pourra d'ailleurs servir pour tous les abonnés du bureau.

Quant au système d'appel, le schéma (fig. 2) en montre la disposition. Le pôle négatif de la pile d'appel est relié à la terre ; le pôle positif est en communication avec les butoirs inférieurs des manipulateurs ou boutons d'appel qui, à leur tour, sont reliés à la ligne L'. Le massif des deux manipulateurs est relié à L et le butoir supérieur communique avec la sonnerie S de l'abonné et avec l'annonciateur du

Digitized by Google

bureau central. Les deux pôles libres de la sonnerie et de l'annonciateur sont mis à la terre.

Les choses ainsi disposées, si l'abonné pousse son manipulateur, il coupe la communication de la ligne L avec sa sonnerie S et établit en même temps celle de L avec L' ; le courant de la pile d'appel passe à travers L' et L et se rend à la terre par l'annonciateur dont le volet tombe en coupant la communication de L avec cet annonciateur.

Si, au contraire, c'est l'opérateur du bureau central qui pousse son manipulateur, le courant passe à travers L et va à la terre après avoir traversé les bobines de la sonnerie S de l'abonné.

Les appels ayant eu lieu, on intercale dans la ligne le système téléphonique du bureau central à l'aide d'une fiche à double contact. La même fiche qui établit le contact avec L et L' coupe en même temps la communication de L' avec la pile d'appel. Quant au contact de L avec l'annonciateur il est coupé automatiquement par la chute du volet qui l'établissait.

Pour mettre un abonné en correspondance avec un autre, on introduit dans le jack correspondant au premier une des fiches de la pile de travail reliant la ligne au pôle positif ; le deuxième conducteur du cordon est relié au deuxième contact d'une autre fiche qui, dans les mêmes conditions envoie à la ligne le pôle négatif de cette pile. La communication entre les deux abonnés se trouve alors établie d'après le schéma de la figure 1.

Nous ne décrirons pas ici les divers montages permettant d'adapter ce système au matériel existant. Faisons seulement remarquer pour terminer, que le fait de placer une pile commune au bureau central, outre la facilité d'entretien qu'il procure, permet également de graduer selon les besoins la puissance de la batterie, ce qu'il serait difficile d'obtenir dans les systèmes où les piles sont chez l'abonné.

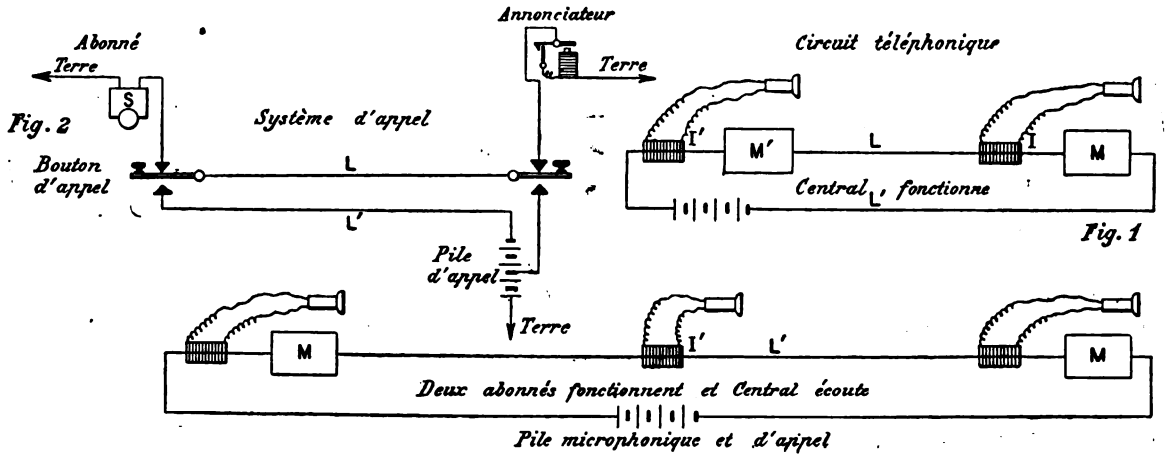


Fig. 1 à 3

Etalons de résistance de Queen et Cᵉ.

La maison Queen et Cie de Philadelphie construit des étalons de résistance disposés

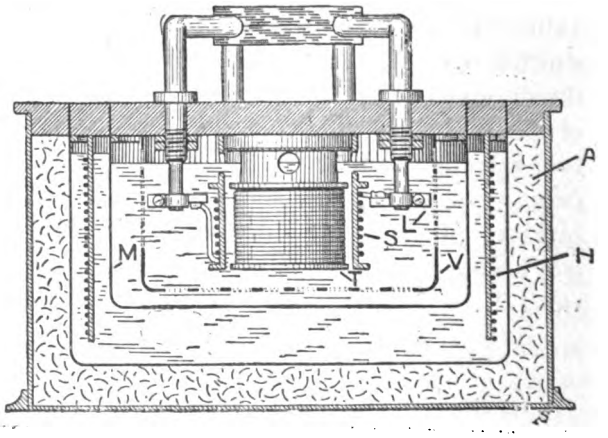


Fig. 1.

comme le montrent les figures 1 et 2.

Dans la figure 1, S représente la bobine de

Digitized by Google

résistance étalonnée, faite en platinoïde enroulé sur un cylindre métallique dont la surface est couverte d'une mince couche de matière isolante. A l'intérieur de cette bobine est disposée la bobine thermométrique T; celle-ci, comme la précédente, plonge dans un bain d'huile de ricin contenu dans le récipient M, qui plonge à son tour dans un bain d'huile et est entouré d'une bobine de fil de cuivre H qui permet de porter le bain à la température voulue, et de l'y maintenir très aisément. Une double enveloppe bourrée d'amiante A empêche d'ailleurs les variations rapides de température. La bobine-étalon se termine par de grosses tiges de cuivre.

La bobine thermométrique est composée de

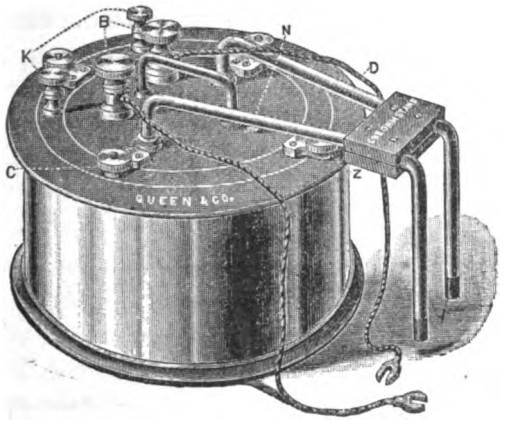


Fig. 2.

cuivre et de platinoïde en proportions telles que la résistance totale augmente de 1/20 d'ohms pour chaque degré centigrade d'élévation de température.

La figure 2 donne la vue extérieure de l'appareil. D sont des cordelettes conductrices mettant la bobine thermométrique B en communication avec les appareils de mesure de la résistance. K K sont les deux bornes de la bobine calorigène.

Le couvercle peut être enlevé facilement en deux parties pour l'inspection des bobines.

Cet appareil pourrait également servir pour la mesure de coefficients de température.

Solution graphique de quelques problèmes pratiques, relatifs aux dynamos à courant continu, par J. Fischer-Hinnen (1).

IV. Transmission électrique de l'énergie à l'aide de deux machines série.

Une question qui se pose souvent pour le praticien est celle-ci ; Comment doivent être disposés la génératrice et le moteur, afin que ce dernier tourne à la même vitesse à toutes les charges.

Il y a des « praticiens » qui croient atteindre cette condition en prenant les deux machines exactement de même puissance et de construction identique. Abstraction faite de ce que le moteur doit dans la plupart des cas, par suite des pertes dans la ligne, fournir une puissance moindre que celle qu'absorbe la génératrice, il est facile de démontrer que cette manière de faire ne conduit même pas au but.

Soit, dans la figure 14, la courbe I la caractéristique de la dynamo primaire ainsi que de la réceptrice.

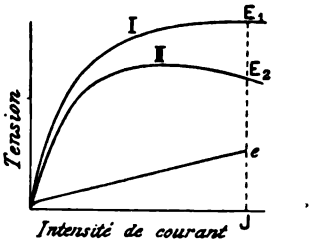


Fig. 14.

Si la résistance des deux machines ajoutée à celle de la ligne est R, la chute de potentiel totale correspondant à une intensité quelconque I est

$$e = IR.$$

La machine génératrice ayant une force électromotrice de E_1 volts, on trouve donc au moteur

$$E_2 = E_1 - IR.$$

Nous menons la droite $e = IR$, et retranchons ses ordonnées de celles de la courbe I, opération qui nous donne la courbe II.

(1) L'*Eclairage Electrique* du 29 septembre 1894, p. 126.

Digitized by Google

La vitesse angulaire du moteur se tire de la formule connue

$$v_2 = \frac{c_2 E_2}{f(I)}.$$

Mais comme, d'autre part,

$$E_1 = c f(I),$$

ou

$$f(I) = c_1 E_1.,$$

on obtient pour la vitesse angulaire du moteur l'expression suivante :

$$v_2 = \frac{c_2 E_2}{c_1 E_1} = K \frac{E_2}{E_1} = K \frac{E_1 - IR}{E_1}.$$

Comme il est facile de le voir, la vitesse de la réceptrice ne peut être maintenue constante de cette façon; on peut y arriver en saturant un peu plus les inducteurs de la réceptrice que ceux de la génératrice, en y enroulant, par exemple, plus de fil que sur ces derniers. Mais ce procédé n'est pas économique, et il est préférable de choisir un moteur de dimensions un peu moindres et d'en disposer de façon à obtenir une caractéristique dont les ordonnées soient toujours proportionnelles à celles de la courbe II pour les mêmes intensités de courant.

VI. Calcul de moteurs de tramway.

Pour terminer notre série des exemples nous traiterons un problème important dans l'établissement des tramways électrique : déterminer les vitesses des véhicules et les intensités de courant dans les moteurs sur des rampes de différentes inclinaisons.

Quelque simple que paraisse ce problème au premier abord, on s'aperçoit vite de sa complication, car on a à s'occuper de deux variables, le couple moteur et la saturation magnétique dont la dernière est une fonction de la première.

Par la voie du calcul pur, la solution serait beaucoup trop longue et nous traiterons le problème en adoptant la voie graphique.

En général, les maisons s'occupant de traction électrique ont une échelle de moteurs dans laquelle ceux-ci sont rangés par ordre de grandeur de leur couple et non de leur puissance. Cette dernière grandeur ne joue en effet, qu'un rôle secondaire; car admettons, par exemple, qu'un moteur de 15 chevaux suffise pour faire gravir à une voiture déterminée une certaine rampe avec une vitesse de 13 kilomètres à l'heure. Si l'on réduit la vitesse de translation à la moitié, la puissance du moteur est réduite d'autant, elle tombe à 7,5 chevaux, mais sa vitesse est également réduite dans la même proportion. Les dimensions du moteur doivent donc être les mêmes pour ce cas comme pour l'autre.

Une fois le type de moteur adopté, on peut se servir de la méthode suivante pour déterminer la vitesse de translation et l'intensité de courant pour différents couples moteurs. Il s'agit ici, naturellement, de moteurs série.

On se procure une caractéristique du moteur rapportée au courant et à la vitesse angulaire, cette dernière peut être réduite à la vitesse de translation du véhicule en mètres par minute (voir fig. 15).

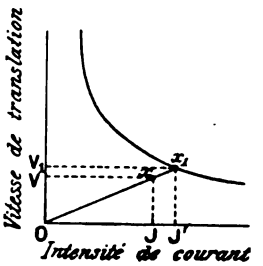


Fig. 15.

Nous désignons par P le poids de la voiture en tonnes, par V la vitesse de translation en mètres par minute, par α le coefficient de traction — variant entre 4 et 6 pour les chemins de fer et entre 10 et 12 pour les tramways —, par β la pente en millimètres par mètre, par η le rendement du moteur et par E la différence de potentiel aux balais (généralement de 500 volts).

Pour une rampe quelconque β et une vitesse V l'intensité de courant est

$$i = \frac{Pv(\alpha + \beta)\,9{,}81}{60\,E\eta}.$$

Il est vrai que V n'est pas connu, mais on

Digitized by Google

sait qu'il augmente avec I. On adopte provisoirement pour V une valeur approchée, on en tire I et par le point x trouvé et l'origine des coordonnées o, on mène une droite qui coupe la caractéristique au point x_1.

Les coordonnées de ce point correspondent aux valeurs cherchées de I_1 et V_1.

Remarquons à ce propos que la grandeur η n'est pas non plus connue exactement et doit être évaluée approximativement; mais l'erreur qui résulterait de l'adoption d'une valeur inexacte n'est que d'influence secondaire et peut d'ailleurs être évitée assez facilement, ainsi qu'on le verra dans l'exemple d'application suivant :

Exemple. Soient à étudier l'intensité de courant et la vitesse de translation pour une voiture à 32 personnes, circulant sur des rampes atteignant un maximum de 50 o/o. Nous admettons pour le coefficient de traction la valeur de 10 kilogrammes par tonne.

Le poids total de la voiture, en estimant provisoirement le poids des appareils électriques, se compose alors de :

Poids de la voiture seule	2,80 tonnes
— des machines électriques.	1,40 —
— des voyageurs	2,24 —
Total	6,44 tonnes.

Couple maximum $= (10 + 50) 6{,}44 = 386$ kg.

Il faut vérifier maintenant si le moteur pouvant développer ce couple présente le poids admis ci-dessus ; au cas contraire, le calcul est à refaire.

Admettons que le poids supposé soit exact et que le moteur ait pour caractéristique la courbe de la figure 16.

Différence de potentiel moyenne aux balais = 500 volts.

Rendement à charge maxima = 82 o/o.

D'après la formule employée plus haut on a

$$I = \frac{6.64\ V\ (\alpha + \beta)\ 9.81}{60 \times 500 \times 0{,}82} = 0{,}00256\ V\ (\alpha + \beta).$$

Si l'on prend, par exemple, V = 195 m. par minute, la formule se réduit à

$$I = 0{,}5\ (\alpha + \beta),$$

qui a pour base la valeur 0,82 pour le rendement.

Si ce dernier était constant, et si la vitesse restait la même sur toutes les rampes, on aurait pour

$\beta = 0$ o/oo	I = 5 ampères
$\beta = 10$ »	I = 10 —
$\beta = 20$ »	I = 15 —
$\beta = 30$ »	I = 20 —
$\beta = 40$ »	I = 25 —
$\beta = 50$ »	I = 30 —

Pour tirer de ce tableau la vitesse réelle et l'intensité de courant correspondante, on porte sur la figure 16 les points ayant pour ordonnées

$$V = 195 \quad \text{et} \quad x = I.$$

Les coordonnées des points d'intersection

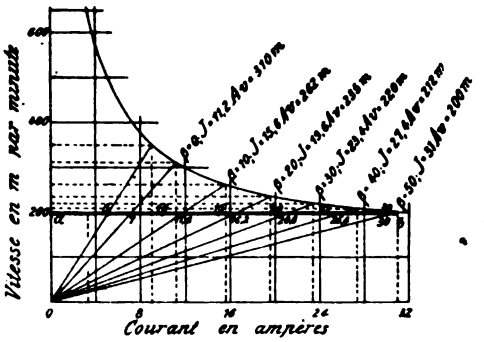


Fig. 16

de ces droites avec la caractéristique peuvent être considérées comme valeurs de première approximation.

Cette méthode est, en général, parfaitement suffisante, surtout si l'on emploie pour non la valeur maxima, mais la moyenne.

Des résultats plus exacts s'obtiennent comme suit : Nous savons que le courant maximum, pour lequel, $\eta = 0{,}82$, est de 31 ampères.

Si nous admettons que pour la marche en palier le rendement est seulement de 0,585, on a pour $\beta = 0$

$$I = 5\ \frac{82}{58{,}5} = 7 \text{ ampères},$$

soit 2 ampères de plus que le calcul nous avait donné plus haut.

Pour $\beta = 50$, la différence est nulle.

Par conséquent, pour trouver les intensités

Digitized by Google

à ajouter à celles trouvées plus haut, nous voyons qu'en partant du point $\beta = 50$ il y a pour chaque différence de fonte de 10 o/oo à employer en plus

$$\frac{2 \times 10}{50} = 0{,}4 \text{ ampère,}$$

et notre tableau devient :

$\beta = 50$ o/oo	$I = 30$
$\beta = 40$ »	$I = 25 + 0{,}4 = 25{,}4$
$\beta = 30$ »	$I = 20 + 0{,}8 = 20{,}8$
$\beta = 20$ »	$I = 15 + 1{,}2 = 16{,}2$
$\beta = 10$ »	$I = 10 + 1{,}6 = 11{,}6$
$\beta = 0$ »	$I = 5 + 2 = 7$

On pourrait multiplier les exemples, mais nous pensons avoir suffisamment montré dans ce qui précède combien les méthodes graphiques permettent de simplifier dans beaucoup de cas la solution de problèmes qui nécessiteraient un calcul compliqué.

A. H.

Préparation de la solution pour accumulateurs par H. M. Sayers (1)

Ayant eu à installer une batterie d'accumulateurs en province, l'auteur dût préparer la solution acide sur le lieu même, le transport étant impraticable. On voit qu'il y a quelques difficultés dans la préparation d'une grande quantité de solution et dans l'emplissage des éléments. Dans ce cas, il fallait 2,700 litres de solution à la densité de 1,215.

L'ardoise étant bon marché dans le voisinage, on choisit cette matière pour fabriquer un grand bac pouvant contenir un quart en plus de la quantité nécessaire, L'assemblage des plaques d'ardoise fut assuré en pratiquant dans la plaque de fond et dans deux côtés des rainures pour y engager les deux autres plaques. Puis les joints furent peints à l'émail « anti-sulfurique » et mastiqués au minium. Toute la surface intérieure du bac reçut ensuite deux couches d'émail et deux couches d'asphalte. Ce bac n'a jamais donné lieu à une fuite d'acide. Le robinet d'évacuation est en ébonite et posé à environ quinze centimètres au-dessus du fond pour ne pas laisser entraîner par le liquide le dépôt qui peut se faire. Placé un peu au-dessus du niveau des éléments, ce bac a permis de distribuer à l'aide d'un tuyau de caoutchouc assez fort, 45 litres d'acide à chacun des 60 éléments, en six heures environ.

Le bac présente une capacité de 4,096 m³. L'acide à 1,215 de densité contient à 15° C., 29,6 o/o d'acide monohydraté à 1,842 de densité. D'après les calculs, le bac devrait être rempli d'eau jusqu'à 1,27 mètres de hauteur, à quoi il fallait ajouter 1367 kilogrammes d'acide concentré pour obtenir environ 3,810 m³ de solution.

L'acide employé provenait des usines de Saint-Gobain et marquait 1,840. Dans le bac rempli d'eau à la hauteur voulue on vidait une tourie après l'autre, lentement et à intervalles. La moitié de l'acide seulement fut versée le premier jour, l'autre moitié le lendemain. De cette manière la température n'a jamais dépassé 40° C. La solution mit trois jours à refroidir complètement. Un essai montra qu'elle contenait de l'arsenic. Précipiter cet élément par l'hydrogène sulfuré eût été long et incommode. On procéda autrement. Dans un petit appareil à hydrogène ayant servi pour la soudure antogène des plaques, on prépara de l'hydrogène sulfuré que l'on fit arriver en nappe sur une solution très concentrée de soude caustique de façon à faire absorber tout le gaz. Au bout de peu de temps on avait ainsi environ 35 litres d'une forte solution de sulfure de sodium. En le faisant arriver peu à peu à l'aide d'un tube à entonnoir dans le fond du bac à acide, on peut précipiter tout l'arsenic.

Ce procédé est recommandable, car on peut acheter le sulfure de sodium tout préparé, et on n'introduit dans la solution que du sulfate de soude qui, loin d'être nuisible, est au contraire utile dans les éléments. La batterie est en service depuis plus d'un an et se comporte très bien.

---

(1) *The Electrician*, 10 août 1894.

Digitized by Google

Ajoutons que la préparation de ces quatre tonnes d'acide s'est faite sans aucune espèce d'accident. Il est toujours utile d'avoir sous la main du blanc d'Espagne pour neutraliser l'acide en cas d'éclaboussure sur la peau. Un flacon d'ammoniaque pour enlever les taches sur les vêtements est également utile. Mais quand on reçoit de l'acide sur les mains ou à la figure il faut avant tout laver l'endroit abondamment avec de l'eau froide, et appliquer ensuite de l'huile si l'épiderme est entamé. L'auteur avait reçu de l'acide sulfurique dans l'œil et a pu éviter des suites graves en faisant couler de l'eau froide en abondance sur l'endroit atteint.

Sur le procédé Benardos de soudure électrique, par Carl Richter.

Après avoir constaté qu'en Europe les divers procédés de soudure électrique n'ont trouvé que des applications assez restreintes, l'auteur examine (1) les causes qui ont pu arrêter en partie leur développement.

En premier lieu, fait-il remarquer, la soudure par l'arc semble être la plus économique. Mais, tous les procédés ont cela de commun que la structure du métal est modifiée à la soudure. A la structure fibreuse se substitue fréquemment une structure cristalline et la ductilité est remplacée par la dureté. On remédie en partie à ces inconvénients en retravaillant le métal après la soudure.

Une autre cause qui s'est opposée à la propagation de la soudure électrique réside dans le coût d'installation relativement élevé d'une batterie d'accumulateurs. Dans les ateliers qui emploient le système Benardos, la dynamo installée pour la soudure sert, le soir, pour l'éclairage. Mais la batterie d'accumulateurs de Benardos, tout en étant utile pour la soudure, ne rend guère de service pour l'éclairage à cause de sa faible capacité; elle n'agit, en somme, que comme régulatrice. Les plaques à formation Planté résistent très bien à un régime de décharge irrégulier mais elles sont aussi exposées à de fréquentes surcharges, surtout lorsqu'une partie seulement de la batterie a servi pendant un certain temps, pour la soudure de petits objets par exemple.

Ces divers inconvénients ont engagé l'auteur à chercher une disposition qui permît de se passer d'accumulateurs. Cette disposition, que nous allons décrire, a été adoptée dans un certain nombre d'ateliers de construction.

Dans le système Benardos une dynamo D (fig. 1) est couplée en parallèle avec une batterie d'accumulateurs A et le point de soudure S. La batterie est divisée en groupes de 5 à 10 éléments, dont les pôles sont reliés aux plots d'un commutateur à fiches qui permet de régler la tension du courant.

Pour amorcer l'arc on met le charbon en contact avec la pièce métallique, ce qui a pour

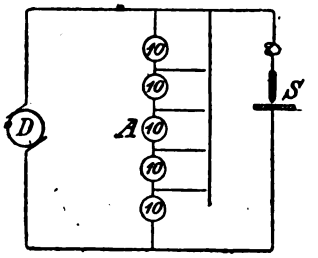


Fig. 1

effet de mettre la dynamo et la batterie d'accumulateurs en court circuit. Mais ce contact dure très peu de temps; après l'éloignement du charbon, l'arc s'allonge, l'intensité de courant fournie par la dynamo augmente, passe par un maximum et diminue ensuite jusqu'à ce que finalement, l'arc s'éteignant, la dynamo ne sert plus qu'à charger les accumulateurs.

Toutes ces actions peuvent être reproduites si, à la batterie d'accumulateurs, on substitue un rhéostat de résistance déterminée, en donnant à la dynamo un induit capable de produire l'intensité maxima nécessaire.

La résistance W (fig. 2) peut être formée d'un groupe de lampes à incandescence. Si la dynamo pouvait supporter des interruptions totales du circuit, l'emploi de cette résistance

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 26 juillet 1894.

Digitized by Google

serait inutile ; mais, même si on est obligé d'en faire usage, elle ne donne pas lieu à une perte aussi considérable que les accumulateurs.

On peut ajouter des dispositions permettant de modérer le courant au moment du court circuit et d'éviter, pendant le travail, l'absorption d'énergie dans la résistance W.

Dans ce but on dispose une résistance inductive *w* (fig. 3) intercalée dans le circuit de

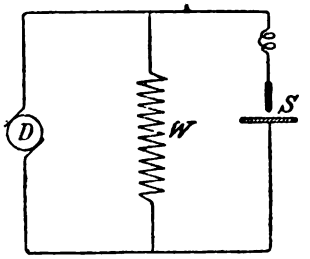


Fig. 2.

travail. Pour exclure la résistance W pendant le travail, on peut se servir d'un commutateur automatique *a*, dont la figure montre le mode d'action.

La différence de potentiel, au lieu de dé-

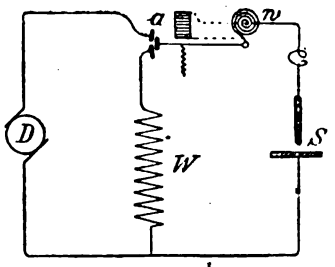


Fig. 3.

pendre du nombre d'accumulateurs en action, peut être réglée tout aussi facilement en agissant sur l'excitation de la machine. On aura donc tout avantage à supprimer les accumulateurs, quitte à employer une dynamo plus puissante.

Les progrès de la soudure électrique ont été également retardés par le danger que présente pour les yeux l'éclat de l'arc. Même la combinaison de verres colorés ne parvient pas à empêcher au début une inflammation violente de la cornée, et quoique, à la longue il se produise une sorte d'accomodation, il y a des cas où la nature est moins docile. Cette circonstance est un désavantage pour ce procédé de soudure. Les verres rendent l'observation de la soudure plus incommode, et l'ouvrier est, en outre, gêné dans le travail, lorsqu'il se protège par un écran porté à la main. L'œil n'est d'ailleurs protégé que des rayons directs et reçoit encore la lumière réfléchie latéralement.

L'auteur recommande l'emploie d'un loup, dont les deux ouvertures peuvent être obturées par les verres colorés sous l'action d'une pression exercée sur un ressort, par exemple. Quelquefois, il est possible d'enfermer le charbon dans un écran cylindrique en amiante ; et avec un peu de pratique l'ouvrier peut arriver à manœuvrer le charbon, sans voir directement la soudure.

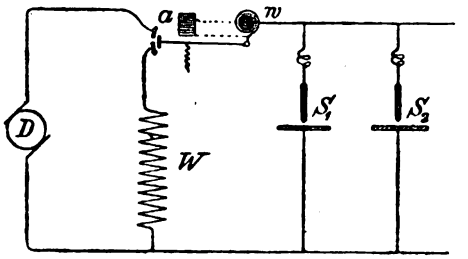


Fig. 4.

La dynamo doit être reliée au moteur à vapeur par l'intermédiaire d'un accouplement élastique, car le meilleur régulateur prend toujours un certain temps pour passer d'un régime à l'autre. Les variations brusques de courant ne sont d'ailleurs pas évitées par l'emploi d'une batterie d'accumulateurs.

Dans le cas, où une même dynamo alimente plusieurs arcs de soudure, il est facile de régler le travail de manière que l'extinction d'un des arcs provoque l'allumage d'un autre. La dynamo peut alors fournir continuellement du courant et la résistance W se trouvera rarement intercalée. La figure 4 donne un exemple d'un tel arrangement.

Parafoudre E. Müllendorff (1)

Dans tous les parafoudres pour circuits à courants intenses l'étincelle produite par

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 27 septembre 1894.

Digitized by Google

l'électricité atmosphérique peut ouvrir une voie au courant d'utilisation. Tous ces appareils nécessitent en conséquence des dispositifs permettant d'éteindre l'arc ainsi amorcé. Ces dispositifs sont en général assez délicats, et dans tous les cas le fait de la formation d'un arc, quelque petite qu'en soit la durée entraîne une détérioration plus ou moins grave des pointes ou des arêtes du parafoudre, et le met bien souvent hors d'usage.

M. Müllendorff s'est proposé de combiner un parafoudre, qui permettra un écoulement continu de l'électricité atmosphérique entre la ligne et la terre, sans laisser se produire des étincelles. Le problème revient à chercher une substance qui soit bonne conductrice pour l'électricité atmosphérique, mais qui ne laisse pas passer les courants utilisés dans nos distributions d'électricité. Parmi les matières semblant répondre à cette condition, l'auteur a donné la préférence au papier paraffiné.

Il est essentiel d'éviter les étincelles en favorisant la décharge lente entre pointes. A cet effet, on place plusieurs couches de papier paraffiné entre deux disques de charbon obtenus en comprimant légèrement, avec un liant approprié, du charbon de cornue en petits grains. La surface des disques présente ainsi de nombreuses aspérités. En reliant les disques de charbon aux pôles d'une machine à influence on trouve que l'électricité traverse très bien le papier paraffiné sans l'endommager en aucune sorte. On perçoit le bruissement caractérisant l'effluve, mais il n'y a pas de production d'étincelles.

Un certain nombre d'éléments ainsi composés, superposés en pile, furent soumis à la décharge de la machine à influence pendant vingt minutes ; ensuite on les mit en circuit avec une dynamo de 110 volts et un galvanomètre de 110 ohms de résistance. Le galvanomètre ne donna aucune déviation.

Sous sa forme pratique, ce parafoudre consiste en quatre disques de charbon séparés par trois couches de papier paraffiné et empilés dans un tube de verre fermé à son extrémité supérieure par un bouchon métallique mastiqué, et à son extrémité supérieure par un couvercle vissé qui permet d'exercer une légère pression sur la pile.

La maison Naglo, de Berlin, a appliqué ce système dans une installation d'éclairage à trois fils et à 220 volts, en ajoutant à chaque parafoudre un plomb fusible de sûreté pour 1,5 ampère. Ces appareils ont toujours assuré l'écoulement continu de l'électricité atmosphérique, et sans qu'aucun des plombs fusibles ait été détruit.

Ce parafoudre peut également s'appliquer aux lignes télégraphiques et téléphoniques, et il convient de lui donner des dimensions appropriées à chaque cas particulier.

Filaments à incandescence Baum

Pour obtenir des filaments de lampe à incandescence résistant à une très haute température M. Baum procède ainsi : Des fibres organiques sont traitées par du phosphate d'ammoniaque, du chlorhydrate d'ammoniaque, du chlorure de calcium et du chlorure de magnésium. En les exposant à une certaine température on volatilise les sels ammoniacaux, et il se forme des précipités poreux de phosphates de chaux et de magnésie. Arrivés à cet état les filaments sont nourris avec une solution de gélatine et du carbonate de chaux délayé.

Moteur à courants alternatifs d'Oerlikon

On sait que les moteurs à courants alternatifs à induit en court circuit absorbent au démarrage une très grande intensité de courant. Pour éviter cet inconvénient, on a pris à Oerlikon la disposition suivante : Lors de la mise en marche du moteur les spires de l'induit ne sont pas en court circuit, mais quand

Digitized by Google

la vitesse du moteur s'approche du synchronisme, un anneau métallique est glissé à la main ou automatiquement sur le commentateur et réunit toutes les touches, en fermant ainsi sur elles-mêmes les spires qui aboutissent à ces touches.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ET DES

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

La pile Clark en circuit fermé, par S. Skinner (1).

§ 1. INTRODUCTION. — Le but des expériences relatées dans ce Mémoire est de déterminer, 1° la différence entre la force électromotrice de cette pile en circuit fermé et la force électromotrice en circuit ouvert; 2° la variation qu'éprouve la première quand on maintient le circuit fermé. L'auteur rappelle que quelques expériences sur le même sujet ont été faites en 1889, par MM. Threlfall et Pollock (2).

§ 2. LES PILES. — Trois piles ont été étudiées; toutes trois sont plus grandes que les modèles ordinaires du Board-of-Trade. Ce sont :

Pile B, faite en juillet 1891 et déjà étudiée, par MM. Glazebrook et Skinner (3). La surface du zinc soumise aux réactions chimiques est 14,4 cent. car. environ.

Pile L, construite en novembre 1892; elle est beaucoup plus grande que la précédente; la surface du zinc immergée est de 95 cmq.

Pile N, construite en juillet 1893; elle est intermédiaire entre les précédentes; la surface du zinc immergée est de 29 cmq.

Ces trois piles ont la même force électromotrice à 2/5000e près.

§ 3. L'EFFET DE LA MISE EN COMMUNICATION DES PÔLES. — Soit E la force électromotrice en circuit ouvert. Si la force électromotrice était la même quand la pile est fermée sur une résistance r on aurait pour la différence de potentiel entre les pôles $\frac{rE}{R+r}$, R étant la résistance de la pile. A cause de la polarisation la force électromotrice peut varier; soit e sa nouvelle valeur. On aura alors pour la différence de potentiel entre les pôles $\frac{re}{R+r}$. Par conséquent on aura la valeur de e et, par suite, celle de la force électromotrice de polarisation $-(E-e)$, si l'on connaît la différence de potentiel et les résistances R et r. La mesure de R est indiquée dans le § 4, celle de la différence de potentiel dans le § 6, enfin r est une résistance métallique étalonnée.

Les nombres suivants montrent comment varie la différence de potentiel entre les pôles de la pile L quand on ferme cette pile sur diverses résistances. Avant la fermeture elle était représentée par 5009 sur le compensateur; elle donnait 4983,5 quand la pile était fermée sur une résistance de 1000 ohms légaux, 4959 pour 500 ohms, 4885 pour 200; enfin elle reprenait la valeur 5009 quand on ouvrait le circuit.

§ 4. MESURE DE LA RÉSISTANCE INTERNE DES PILES. — Deux des trois piles étaient placées en opposition dans l'une des branches d'un pont de Wheatstone; la force électromotrice des piles ayant presque exactement la même valeur, il n'en résultait aucun courant. Le courant d'une pile de deux ou trois éléments Leclanché traversait le pont après avoir passé dans un commutateur de M. Fitzpatrick rendant le courant alternatif et disposé de

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVIII, p. 271-279 (septembre 1894).

(2) *La pile Latimer Clark considérée comme une source de courants étalons*; *Physical Society* 23 mars 1889. *La Lumière Électrique*, t. XXXII p. 138.

(3) *Sur l'emploi de l'élément Latimer Clark comme étalon de force électromotrice; Phil. Trans.* 1892. *La Lumière Électrique*, t. XLV p. 290.

Digitized by Google

manière à ne laisser passer que des courants de même sens dans le galvanomètre du pont. Comme dans la mesure des résistances métalliques, il suffisait, pour avoir la résistance de l'ensemble des deux piles en opposition, de modifier les branches du pont jusqu'à ce que le galvanomètre reste au repos.

Les seules causes d'erreur de cette méthode sont : la polarisation des piles par les courants qui les traversent; la self-induction des conducteurs. La première se trouvait éliminée par l'emploi des courants alternatifs; quant à la self-induction elle n'existait que dans les bobines du galvanomètre et, puisque cet instrument n'est traversé par aucun courant quand le pont est réglé, elle ne pouvait avoir d'influence sur les résultats.

En combinant les trois piles deux à deux et en effectuant la mesure de la résistance de chacune des combinaisons on avait trois résultats permettant de calculer la résistance de chacune des piles On a trouvé que cette résistance diminue quand la température s'élève, ce qui concorde avec ce fait que, la résistance des électrolytes décroit quand la température augmente. Pour la température de 17°8 les résistances des piles L, N, B sont respectivement 3,96, 6,01, et 6,16.

§ 5. Les résistances et l'appareil pour la comparaison des forces électromotrices. — Les résistances employées étaient des bobines de gros fils d'une boîte de résistance et ayant pour valeurs 1000, 500 et 200 ohms légaux. Lorsque le courant était maintenu pendant un temps assez long on le faisait circuler dans un gros fil en argent allemand disposé sur un cadre d'ébonite plongé dans de l'huile de paraffine et ayant une résistance de 147 ohms.

L'appareil pour la comparaison des forces électromotrices était celui qui avait déjà servi dans les expériences faites antérieurement par l'auteur en collaboration avec M. Glazebrook Toutefois on substitue des éléments Clark aux éléments Leclanché primitivement employés, l'usage ayant fait reconnaître que ceux-ci se comportent d'une façon irrégulière quand on fait varier l'intensité du courant qu'on leur prend.

§ 6. Détermination de la force électromotrice de polarisation. — Au moyen de cet appareil on a obtenu pour la différence de potentiel des pôles de la pile les résultats contenus dans le tableau suivant, où l'unité de force électromotrice est approximativement $\frac{1,4}{5000}$ volt, c'est-à-dire 1 cinq millième de Clark.

Tableau I

Pile.	E. F. é. m. de la pile ouverte	Différence de potentiel lorsque la pile produit approximativement : 0,0014 ampère r = 1000 ohms	0,0038 ampère r = 500	0,007 ampère r = 206	0,01 ampère r = 147
L.....	5010	.....	.....	.....	4837
L.....	5009	4985	4961,5	4890,5	
L.....	5009	4983,5	4959	4885	
N.....	5007,5	4959,5	4912	.....	
B.....	5007	4971,5	4938,5	4841	

De ces valeurs on déduit pour la force électromotrice e donnée par la relation

$$e = \frac{R + r}{r} \times \text{différence de potentiel,}$$

les valeurs inscrites ci-dessous :

Tableau II

	E	e pour 0,0014 amp.	e pour 0,0038 amp	e pour 0,007 amp.	e pour 0,01 amp.
L...	5010	....	....	....	4981
L...	5009	5005	5001	4988	...
L...	5009	5005	4999	4983	....
N...	5007.5	4989	4971	....	....
B...	5007	5003	5000	4990	....

Digitized by Google

Par suite on a pour les forces électromotrices de polarisation E–e, pour les diverses intensités de courant indiquées dans la première ligne du tableau,

	0,0014	0,0028	0,007	0,01
L	....	....	....	29
L	4	8	21	....
L	4	10	26	....
N	18.5	36.5	....	....
B	4	7	17	

On voit que pour une pile donnée la force électromotrice de polarisation est directement

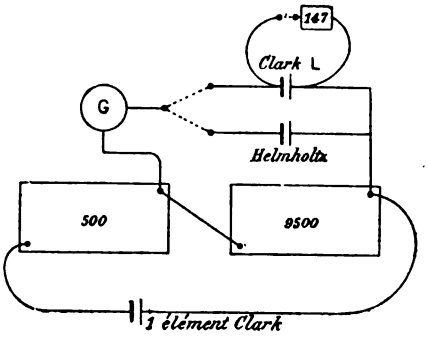


Fig. 1.

proportionnelle à la densité du courant.

§ 7. Effets du temps, le courant étant maintenu. — La différence de potentiel entre les pôles d'une des piles fermée sur la résistance d'argent allemand est comparée à la force électromotrice d'une série d'éléments Helmholtz au moyen de la disposition représentée par la figure 1.

Quatre expériences effectuées avec la pile L ont montré que la diminution de la différence de potentiel est de 7 dix millièmes de Latimer-Clark par heure. La force électromotrice de polarisation immédiatement après la fermeture de cette pile sur la résistance de 147 ohms étant — 29 cinq millièmes de Clark, d'après le tableau précédent, on voit que cette force électromotrice est donnée en fonction du temps par l'expression

$$-(58 + 7t)$$

où le temps t est exprimé en heures et où l'unité de force électromotrice est la dix millième partie de celle du Clark. Exprimée en volts cette force électromotrice de polarisation est

$$-(0{,}0083 + 0{,}001\,t)$$

§ 8. Conclusion. — « Dans tous ces calculs il a été admis que la force électromotrice dans le circuit fermé est égale à celle de la pile en repos, et, par suite, que la force électromotrice provenant de la polarisation m est donnée par la différence entre la force électromotrice de la pile en repos et celle qui produit le courant observé. Si l'on excepte les effets Peltier, toujours très petits, je ne vois rien qui s'oppose à cette hypothèse.

« Les résultats expérimentaux sont :

(a) La force électromotrice de polarisation varie directement avec la densité du courant dans chaque pile.

(b) Cette force électromotrice s'accroît lentement quand on maintient le courant.

« Des grandeurs des quantités trouvées dans ces expériences il résulte que des courants faibles et d'intensités approximativement connues peuvent être obtenues par l'emploi d'une grande pile Clark dont la résistance est négligeable par rappport à la résistance extérieure. Les expériences montrent que la grande pile L n'était pas du tout troublée par la production d'un courant de 0,01 ampère, ce qui correspond à une densité de courant de $\frac{0{,}01}{95}$ ampère par centim. carré. Dans le modèle de l'élément Clark du Board-of-Trade la surface du zinc immergée est généralement de 2 cmq. et comme le courant qu'on lui demande ne dépasse jamais $\frac{1{,}43}{10000}$, une bobine de 10000 ohms étant toujours placée en série avec lui, la densité du courant est beaucoup plus petite que celle qui a été trouvée sans effet dans ces expériences.

« D'après les expériences de Threlfall le

Digitized by Google

signe du temps t devrait être négatif. Dans quelques-unes de mes plus anciennes expériences je trouvais également des coefficients négatifs. Mais ce résultat doit être attribué à quelque irrégularité dans le compensateur car j'ai trouvé un coefficient positif depuis que les éléments Clark remplacèrent les éléments Leclanché. »

J. B.

Protection magnétique par un cylindre de fer creux par John Perry (1).

« Je considère deux conducteurs électriques situés dans un plan diamétral du cylindre, à une distance a de son axe, et servant de conducteurs d'aller et de retour à un courant d'indensité C.

« Sur toute une moitié de la surface cylindrique de rayon a le potentiel magnétique *induisant* a une valeur constante πC ; sur l'autre moitié il a une valeur constante $-\pi C$. En un point P situé à une distance r de l'axe dans un plan axial faisant un angle θ avec le plan des conducteurs, le potentiel induisant V est évidemment

$$V = 4C\left(\frac{a}{r}\sin\theta + \frac{1}{3}\frac{a^3}{r^3}\sin 3\theta + \frac{1}{5}\frac{a^5}{r^5}\sin 5\theta + \ldots\right).$$

car cette expression devient $+\pi C$ ou $-\pi C$ pour $r = a$ et satisfait à la condition $\Delta V = o$.

« Désignons par $A r^{-n}$ le coefficient de $\sin n\theta$ dans V ; par $A_1 r^n + A r^{-n}$ le coefficient correspondant dans l'expression du potentiel total (induisant plus induit) à l'intérieur du tube ; par $A_2 r^n + B_2 r^{-n}$ le coefficient dans l'expression du potentiel total dans le fer ; enfin par $B_3 r^{-n}$ ce coefficient pour le potentiel total à l'extérieur du tube. Soient en outre a_1 et a_2 les rayons intérieur et extérieur du cylindre creux. En écrivant que le potentiel a la même valeur en deux points situés de part et d'autre et à une distance infiniment petite de chacune des deux surfaces limitant le fer et en écrivant que la composante normale de l'induction est la même en ces points, nous avons quatre équations déterminant les coefficients A_1, A_2, B_2 et B_3. Les deux plus importants sont :

$$B_3 = \frac{4\mu A}{(\mu+1)^2 - e(\mu-1)^2}, \qquad A_1 = -\frac{A\rho(1-e)}{a_1^{2n}(\rho^2-e)},$$

où

$$e = \frac{a_1^{2n}}{a_2^{2n}}, \qquad \text{et} \qquad \rho = (\mu+1)(\mu-1).$$

« Si nous prenons $a_2 = a_1 + t$, t étant petit, nous avons approximativement, puisque μ est grand pour le fer,

$$B_3 = \frac{A}{1 + \frac{1}{2}\mu n\frac{t}{a_1}}.$$

« Les termes élevés n'ont guère d'importance. Considérons d'abord le premier. Le potentiel serait $4Ca r^{-1}\sin\theta$ si le cylindre n'existait pas ; il devient, par suite de la protection du cylindre

$$\frac{4Ca\sin\theta}{r\left(1 + \frac{\mu t}{a_1}\right)}.$$

« Si l'on prend $\mu = 1200$, $a_1 = 150$ cm., $t = 5$ cm., on trouve que l'effet du cylindre est de réduire ce premier terme à la 21e partie de sa valeur. Quant aux termes suivants ils seraient réduits, dans ces conditions, à 1/61, 1/101, 1/141, ..., de leurs valeurs primitives.

« Dans ce cas le potentiel à l'intérieur est très peu moindre que celui qu'on aurait sans fer, A_1 étant $-\frac{A}{a_1^{2n}}$ pour toutes les valeurs de t jusqu'à ce que t soit petit ; quand $t = o$ on a $A_1 = o$.

« Il est facile d'étendre le raisonnement au cas de plusieurs enveloppes de fer concentri-

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVIII, p. 270 (septembre 1894).

Digitized by Google

ques ou à celui d'une distribution de potentiel telle que celui-ci ait la même valeur tout le long d'une parallèle à l'axe. » J. B.

Sur l'induction électromagnétique dans des nappes de courant planes, cylindriques et sphériques et sa représentation par un cortège d'images en mouvement, par G. H. Bryan (1),

On sait que si une feuille métallique plane de conductibilité finie, très mince et indéfinie, est placée dans un champ magnétique variable produit par le mouvement des pôles magnétiques, le champ dû aux courants induits qui prennent naissance dans la plaque peut être représenté par un cortège mobile d'images (2).

Dans son Mémoire l'auteur montre que cette propriété peut être directement déduite des lois fondamentales de l'induction électromagnétique et être facilement étendue aux cas d'une plaque cylindrique, d'une plaque sphérique et même d'une plaque de forme quelconque. Cette méthode directe permet d'introduire immédiatement dans les équations le potentiel magnétique scalaire et d'éviter l'emploi du potentiel vecteur. Les calculs se trouvent ainsi considérablement simplifiés et on ne risque pas de commettre dans la recherche des conditions limitées aux surfaces de séparation les erreurs que l'auteur a relevées dans un travail récent où le potentiel vecteur était employé.

Après avoir trouvé, comme nous allons l'indiquer, l'équation différentielle qui lie le potentiel magnétique des courants induits au potentiel magnétique dû au système inducteur, M. Bryan considère le cas où ce système se réduit à un pôle fixe d'intensité variable. Le principe de la superposition des effets permet d'étendre le résultat obtenu au cas d'un nombre quelconque de pôles d'intensités variables. Enfin le cas d'un système magnétique quelconque en mouvement peut se déduire du précédent en supposant que sur la trajectoire de chacun des points de ce système se trouvent des pôles magnétiques dont l'intensité est constamment nulle sauf au moment où un point du système occupe la position de l'un de ces pôles.

Les lois de l'induction électromagnétique donnent, pour les corps en repos, les deux propositions suivantes :

I. *Le courant total à travers une portion limitée d'une surface qui contient toujours les mêmes particules est égal au quotient par* 4π *de l'intégrale linéaire de la force magnétique le long du contour de la portion de surface considérée.*

II. *Le taux de décroissement de l'intégrale de surface de l'induction magnétique à travers une portion limitée de surface qui contient toujours les mêmes particules est égal à l'intégrale linéaire de la force électromotrice le long du contour de cette portion de surface.*

Lorsqu'on applique ces lois à un diélectrique indéfini séparé en deux parties par une feuille conductrice on admet ordinairement que les perturbations produites par le système inducteur ne sont pas suffisamment rapides pour que les courants de déplacement du diélectrique aient un effet magnétique appréciable. L'auteur adopte cette hypothèse. La force magnétique en un point du diélectrique dérive alors du potentiel dépendant seulement du système inducteur et des courants qui prennent naissance dans la feuille conductrice.

L'auteur suppose également que les courants d'induction en un point se distribuent d'eux-mêmes uniformément dans toute l'épaisseur de la feuille. Ceci revient à supposer que les perturbations ne sont pas trop rapides et que l'épaisseur de la feuille est très petite en comparaison des autres dimensions linéaires du système, telles que les distances des pôles mobiles, le rayon de la feuille si elle est sphérique, etc.

Considérons une feuille plane d'épaisseur c

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVIII, p. 198-206; août 1894.

(2) *Maxwell*, *Traité*, t. II, chap. XII.

Digitized by Google

et de conductibilité spécifique C. Prenons son plan pour plan des x_1 et y et soient Ω_1 et Ω_2 les potentiels magnétiques sur sa face positive et sur sa face négative, φ la fonction de courant en un de ces points.

Appliquons la loi I au circuit obtenu en allant de l'origine à un point de la face positive, puis traversant la feuille, et revenant à l'origine en suivant la face négative. L'épaisseur de la feuille étant supposée très petite, on peut, dans l'intégrale linéaire de la force magnétique, négliger les termes qui correspondent aux passages d'une face à l'autre. On a alors (1).

$$\Omega_2 - \Omega_1 = 4\pi\varphi + \text{const.} \qquad (1)$$

Appliquons maintenant la loi II à un circuit s tracé dans le plan de la feuille. Soient S_1 et S_2 deux surfaces respectivement menées dans le diélectrique à une distance infiniment petite de la face positive et de la face négative de la feuille limitées par la courbe s; et soient P et Q les composantes de la force électromotrice en un point. En supposant la perméabilité magnétique du diélectrique égale à 1, nous avons

$$\int_s (P\,dx + Q\,dy) = \frac{d}{dt}\int\int \frac{d\Omega_1}{dZ}\,dS_1 = \frac{d}{dt}\int\int \frac{d\Omega_2}{dz}\,dS_2,$$

et puisque les éléments correspondans des deux surfaces voisines sont égaux, il est évident que

$$\frac{d\Omega_1}{dz} = \frac{d\Omega_2}{dz} \qquad (2)$$

en un point de la surface, ce qui montre que la composante normale de l'induction magnétique est continue, ainsi que cela devait être (2).

Les équations de conduction donnent, en outre

$$Cc\,P = \frac{d\varphi}{dx}, \qquad Cc\,Q = -\frac{d\varphi}{dy},$$

Par suite

$$\frac{d}{dt}\int\int \frac{d\Omega_1}{dz}\,dS_1 = \frac{d}{dt}\int\int \frac{d\Omega_2}{dz}\,dS_2 = \frac{1}{Cc}\int\left(\frac{d\varphi}{dy}\frac{dx}{ds} - \frac{d\varphi}{dx}\frac{dy}{ds}\right)ds,$$

$$= -\frac{1}{Cc}\int\left(\frac{d\varphi}{dy}\frac{dy}{dn} + \frac{d\varphi}{dx}\frac{dx}{dn}\right)ds = -\frac{1}{Cc}\int\frac{d\varphi}{dn}\,ds = -\frac{1}{Cc}\int\int\left(\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2}\right)dS,$$

ou dn désigne un élément de la normale extérieure à s et où l'intégrale double est étendue à la surface S limitée sur la feuille par la courbe s.

On aura donc à la surface de la feuille

$$\frac{d}{dt}\frac{d\Omega_1}{dz} = \frac{d}{dt}\frac{d\Omega_2}{dz} = -\frac{1}{Cc}\left(\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2}\right)$$

ou à cause de (1),

$$= -\frac{1}{4\pi Cc}\left(\frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2}\right)(\Omega_2 - \Omega_1)$$

ou enfin en tenant compte de ce que $\Delta\Omega_1 = 0$, $\Delta\Omega_2 = 0$,

$$\frac{d}{dt}\frac{d\Omega_1}{dz} = \frac{d}{dt}\frac{d\Omega_2}{dz} = \frac{1}{4\pi Cc}\frac{d^2}{dz^2}(\Omega_2 - \Omega_1). \qquad (3)$$

Si l'on appelle Ω_0 le potentiel magnétique dû au système magnétique extérieur ou inducteur, Ω' et Ω'' les potentiels magnétiques des deux côtés de la feuille dus à la feuille elle-même, on a

$$\Omega_1 = \Omega_0 + \Omega', \qquad \Omega_2 = -\Omega_0 + \Omega'' \qquad (4)$$

Mais Ω_0 et ses dérivées par rapport à z ne présentent pas de discontinuités quand on traverse la feuille, et, d'autre part, à cause de la symétrie du champ produit par la feuille et doit avoir

$$\Omega'(x, y, z) = -\Omega''(x, y, -z). \qquad (5)$$

Par conséquent la condition à la surface (3), donne

$$\frac{d}{dt}\frac{d\Omega'}{dz} + \frac{d}{dt}\frac{d\Omega_0}{dz} = -\frac{1}{2\pi Cc}\frac{d^2\Omega'}{dz^2}, \qquad (6)$$

$$\frac{d}{dt}\frac{d\Omega''}{dz} + \frac{d}{dt}\frac{d\Omega_0}{dz} = +\frac{1}{2\pi Cc}\frac{d^2\Omega''}{dz^2}, \qquad (7)$$

(1) *Maxwell Traité*, t. II, § 653.

(2) La perméabilité de la feuille elle-même ne change pas les conditions du problème à moins que l'on ne désire un plus haut degré d'approximation en tenant compte des premières puissances de l'épaisseur, ou à moins que la feuille ne soit formée de fer doux dont la perméabilité magnétique peut être grande.

Digitized by Google

pour les conditions auxquelles doit satisfaire le potentiel sur les deux surfaces de la feuille.

Par l'emploi des coordonnées cylindriques, des coordonnées sphériques et des coordonnées tétraédriques, l'auteur étend facilement les considérations précédentes au cas d'une feuille cylindrique, sphérique et quelconque. Disons seulement que si la feuille est cylindrique la condition (3) doit être remplacée par

$$\frac{d}{dt}\left(r\,\frac{d\Omega_1}{dr}\right)=\frac{d}{dt}\left(r\,\frac{d\Omega_2}{dr}\right)=\frac{1}{4\pi Cc}\,\frac{d}{dr}\,r\,\frac{d}{dr}\,(\Omega_2-\Omega_1), \quad (8)$$

si elle est sphérique, par

$$\frac{d}{dt}\left(r^2\,\frac{d\Omega_1}{dr}\right)=\frac{d}{dt}\left(r^2\,\frac{d\Omega_2}{dr}\right)=\frac{1}{4\pi Cc}\,\frac{d}{dr}\,r^2\,\frac{d}{dr}\,(\Omega_2-\Omega_1), \quad (9)$$

et enfin, si elle est quelconque, par

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{h_3}{h_1h_2}\,\frac{d\Omega_1}{dy}\right)=\frac{d}{dt}\left(\frac{h_3}{h_1h_2}\,\frac{d\Omega_2}{dy}\right)$$
$$=\frac{h_3}{4\pi Cc}\,\frac{d}{dy}\left[\frac{h_3}{h_1h_2}\,\frac{d}{dy}\,(\Omega_2-\Omega_1)\right] \quad (13)$$

Comme application de sa méthode, l'auteur considère le cas d'un pôle magnétique situé en un point x_0, y_0, z_0 placé du côté positif d'une feuille plane indéfinie et dont l'intensité magnétique est une fonction arbitraire du temps $f(t)$. On a alors

$$\Omega_0=\frac{f(t)}{\left\{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2+(z-z_0)^2\right\}^{\frac{1}{2}}} \quad (14)$$

et la condition à la surface à laquelle doit satisfaire le potentiel Ω' sur le côté négatif est

$$\frac{d^2\Omega'}{dz\,dt}+R\,\frac{d^2\Omega'}{dz^2}=-\frac{d^2\Omega_0}{dz\,dt} \quad (15)$$

où

$$R=\frac{1}{2\pi Cc} \quad (16)$$

De (14) et (15) nous déduisons

$$\left(\frac{d}{dt}+R\,\frac{d}{dz}\right)\Omega'=-\frac{f'(t)}{\left\{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2+(z-z_0)^2\right\}^{\frac{1}{2}}}$$

et par suite

$$\Omega'=-\int_{-\infty}^{t}{}^{t}-R(t-\tau)\,\frac{d}{dz}\,\frac{f'(\tau)}{\left\{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2+(z-z_0)^2\right\}^{\frac{1}{2}}}\,d\tau$$

$$=-\int_{-\infty}^{t}\frac{f'(\tau)}{\left\{(x-x_0)^2+(y-y)+(z-z_0-Rt+R\tau)^2\right\}^{\frac{1}{2}}}\,d\tau$$

$$=-\frac{f(t)}{\left\{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2+(z-z_0)^2\right\}^{\frac{1}{2}}}$$
$$+\int_{-\infty}^{t}Rf(\tau)\,\frac{d}{dz}\,\frac{1}{\sqrt{\left\{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2+(z-z_0-Rt+R\tau)\right\}^2}}\,d\tau \quad (17)$$

Le premier terme représente l'effet d'un pôle situé au point x_0, y_0, z_0 et ayant une intensité égale et de signe contraire au pôle réel qui se trouve en ce point. Le second terme montre que l'effet du pôle entre le temps τ et $\tau+d\tau$ est représenté au temps t par un aimant d'intensité $Rf(\tau)\,d\tau$ situé au point

$$x_0,\ y_0,\ z_0+R(t-\tau).$$

Le potentiel en un point situé du côté positif se déduit de la relation (5).

Si, au lieu d'un seul pôle magnétique unique on a du côté positif de la feuille une distribution magnétique dont la densité au point x_0, y_0, z_0 est $F(x_0, y_0, z_0, t)$ on devra dans les expressions précédentes remplacer $f(t)$ par $F(x_0, y_0, z_0, t)\,dx_0\,dy_0\,dz_0$, et on aura

$$\Omega_0=\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{z}^{\infty}\frac{F(x_0,y_0,z_0,t)}{\left\{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2+(z-z_0)^2\right\}^{\frac{1}{2}}}\,dx_0\,dy_0\,dz_0 \quad (18)$$

$$\Omega'=-\Omega_0-\int_{-\infty}^{t}d\tau\int_{0}^{\infty}dz_0\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}RF(x_0,y_0,z_0,\tau)$$
$$\frac{z-z_0-R(t-\tau)}{\left\{(x-x)^2+(y-y_0)^2+[z-z_0-R(t-\tau)]^2\right\}^{\frac{1}{2}}}\,dx_0\,dy_0. \quad (19)$$

Dans le cas où le système inducteur consiste en un pôle unique en mouvement dont les coordonnées sont données en fonction du temps par les fonctions

$$\xi(t),\ \eta(t),\ \zeta(t),$$

on a pour tout point

$$x_0,\ y_0,\ z_0,$$
$$F(x_0, y_0, z_0, \tau)=0$$

sauf au point

$$x_0=\xi(\tau),\quad y_0=\eta(\tau),\quad z_0=\zeta(\tau)$$

pour lequel on a

$$F(x_0, y_0, z_0, \tau)\,dx_0\,dy_0\,dz_0=f(\tau).$$

Digitized by Google

Par conséquent il vient dans ce cas

$$\Omega_0 = \frac{f(t)}{\left\{(x-\xi(t))^2+(y-\eta(t))^2+(z-\zeta(t))^2\right\}^{\frac{1}{2}}} \quad (20)$$

$$\Omega' = -\Omega_0 - \int_{-\infty}^{t} \mathrm{R} f(\tau) \frac{z-\zeta(\tau)-\mathrm{R}(t-\tau)}{\left\{(x-\xi(\tau))^2+(y-\eta(\tau))^2+(z-\zeta(t))^2\right\}^{\frac{1}{2}}} d\tau \quad (21)$$

Quant au potentiel Ω'' dû aux induits en un point situé du côté positif de la feuille il obtiendra, d'après (5), en changeant z en $-z$ dans l'expression précédente puis changeant le signe du résultat obtenu.

Connaissant Ω'' on aura les composantes

$$-\frac{d\Omega''}{dx}, \quad -\frac{d\Omega''}{dy}, \quad -\frac{d\Omega''}{dz}$$

de la force magnétique en un point x, y, z de la région positive. Les composantes de la force s'exerçant sur le pôle mobile lui-même s'obtiendront en multipliant les expressions précédentes par $f(t)$ et y remplaçant x, y, z, par $\xi(t), \eta(t), \zeta(t)$. Dans le cas particulier où le pole se meut sur une normale à la feuille, on obtient pour cette force, la trajectoire du pole étant prise pour axe des z,

$$f(t)\left\{\frac{f(t)}{\{2\zeta(t)\}^2} - 2\mathrm{R}\int_{-\infty}^{t} \frac{f(\tau)\,d\tau}{\left\{\zeta(t)+\zeta(\tau)+\mathrm{R}(t-\tau)\right\}^3}\right\}$$

Dans le cas d'un pole engendré à l'instant $t = o$ et dont l'intensité conserve une valeur constante m à partir de cet instant on a

$$f(t) = o \quad \text{depuis } t = -\infty \text{ jusqu'à } t = o$$
$$f(t) = m \quad \text{depuis } t = m \text{ jusqu'à } t = +\infty$$

Il suffit donc de remplacer $f(t)$ par m dans les expressions précédentes et de prendre o au lieu de $-\infty$ pour limite inférieure de l'intégration par rapport à t,

Comme on le voit, par cette application, le point caractéristique de la méthode de calcul proposée par M. Bryan est qu'on peut partir de la considération d'un pôle en repos pour arriver facilement au cas d'un pôle en mouvement. Il est évident que cette marche du calcul doit présenter de grands avantages dans le cas d'une feuille cylindrique ou d'une feuille sphérique ; en particulier dans ce dernier cas les harmoniques zonaux s'introduisent seulement et il en résulte une grande simplification des calculs. J. B.

VARIETES

LES MATHÉMATIQUES DANS L'ART DE L'INGÉNIEUR, PAR JOHN HOPKINSON (1).

On a dit des mathématiques qu'elles étaient un bon serviteur mais un mauvais maître. Je me suis imposé le devoir de démontrer la première partie de cette proposition, et de mettre en lumière les services que les mathématiques ont rendus et peuvent rendre aux ingénieurs.

Dans nos statuts, l'Institution des Ingénieurs civils est définie comme « une Société pour l'avancement général de la Science mécanique, et plus particulièrement pour faciliter l'acquisition des connaissances qui forment la profession d'un ingénieur civil, c'est-à dire l'art de diriger les grandes sources d'énergie de la nature, pour l'usage et le bien-être de l'homme, comme moyens de production et de trafic appliqués dans la construction des ponts, des chaussées, des acqueducs, des canaux, dans la navigation fluviale, le commerce intérieur, la construction des ports, des môles, des digues et des phares, et dans l'art de la navigation à forces motrices artificielles, dans la construction et l'adaptation des machines et dans le drainage des villes. »

On ne saurait, je pense, trouver une meilleure définition de notre profession, que celle qui la présente comme l'art de diriger les grandes sources d'énergie de la nature pour l'usage et le bien-être de l'homme. Cette définition embrasse toute l'étendue de nos travaux, et exclut les sciences appliquées telles que la médecine qui s'occupe des êtres organisés.

Les mathématiques s'occupent de toutes les questions comportant la mesure relative de grandeurs, de toutes les questions de position

(1) Conférence faite à *l'Institution of Civil Engineers*, le 3 mai 1894.

Digitized by Google

dans l'espace et de détermination exacte des formes. Le génie civil est plus particulièrement une science mathématique. La médecine, cette autre grande profession de la science appliquée, a peu de rapports avec les questions de mesures ou avec la géométrie ; tandis que l'ingénieur rencontre ces questions sous les aspects les plus variés dans tout ce qui l'occupe.

Ce qu'il doit rechercher, c'est que les moyens qu'il emploie soient suffisants et proportionnés au but à atteindre. A cet effet, il est obligé de mesurer numériquement le but et les moyens. Il est inutile d'insister sur ce que tout le monde admet, savoir, qu'on ne saurait être l'ingénieur le plus humble s'il ne connaît pas l'arithmétique et suffisamment de géométrie pour être a même de lire un dessin, qu'un peu de trigonométrie, de mécanique rationnelle et de théorie des projections forment une partie très utile du bagage mental d'un contremaître. Il est à peine nécessaire d'appeler l'attention sur l'économie de travail considérable que permet d'effectuer dans les calculs l'emploi des logarithmes, instrument mathématique que nous devons à Napier. Nous examinerons plus utilement combien les mathématiques supérieures peuvent être utiles à l'ingénieur praticien, et ce que le génie civil en a tiré dans le passé.

A en juger par l'étymologie, les mathématiques ont été mis en usage par des ingénieurs, car la géométrie est certainement l'art de mesurer la terre. Mais depuis l'époque préhistorique qui vit les débuts de la géométrie, les ingénieurs n'ont pas ajouté beaucoup de choses nouvelles aux mathématiques. Ils ont plutôt cherché dans le trésor accumulé par le mathématicien, pour choisir l'outil le plus maniable dans chaque cas particulier, mais ils ont fait bien peu pour améliorer les outils qu'ils empruntent.

A cet égard, les rapports entre le génie civil et les mathématiques diffèrent beaucoup de ceux qui le relient à la physique expérimentale. En électricité, magnétisme et chaleur, les ingénieurs ont souvent corrigé d'après l'expérience de la pratique, les idées des théoriciens, et ont mené la science sur des voies plus exactes. Si nous devions rechercher à quel degré la science appliquée de l'ingénieur a été utile pour l'avancement des mathématiques pures, nous aurions vite épuisé notre sujet. Et comme la balance penche décidément de l'autre côté, cherchons à nous rendre compte de la dette que l'ingénieur a contractée envers le mathématicien.

Aucune branche de la pratique de l'ingénieur ne comporte d'application plus familière des mathématiques, que celle qui a pour objet le calcul de la résistance des constructions de toute nature. Il est impossible d'ouvrir un livre quelconque, traitant cette partie, sans le trouver encombré de formules mathématiques ou de figures géométriques. La question n'est pas de savoir si les mathématiques sont indispensables à la compréhension du sujet, mais s'il faut adopter les méthodes analytiques ou celles purement géométriques. On pourrait naturellement trouver la matière d'une série de conférences dans la discussion de l'application pratique des mathématipues à la construction des ponts, des charpentes, des canons, des transmissions, etc. Notre objet doit être de présenter quelques exemples, plutôt que de nous engager dans une discussion complète.

Considérons le cas d'un d'un étai dont les dimensions transversales soient insignifiantes en comparaison de sa longueur. Tant que cet étai reste parfaitement symétrique autour de son axe, sa résistance ne dépend que de celle que présente la matière à l'écrasement. Chacun sait que cette considération ne suffit pas ; nous avons à tenir compte d'un autre élément : la stabilité, c'est-à-dire que nous devons examiner ce qui arriverait si l'étai se trouvait pour une raison quelconque écarté un peu de la droite joignant ses extrémités. La discussion mathématique de cette question conduit à une équation différentielle du second ordre avec une variable indépendante. En discutant cette équation nous pouvons voir que si la charge

Digitized by Google

sur l'étai est inférieure à une certaine valeur critique, le support légèrement fléchi tend à se redresser; mais que si la charge dépasse la valeur critique, le déplacement tend à augmenter, et l'étai cède sous la charge. De plus, nous apprenons que la valeur critique est différente selon que l'une des extrémités de l'étai ou les deux sont libres ou bien encastrées. Nous nous rendons compte qu'avec extrémités encastrées on peut faire l'étai deux fois plus long, pour une même valeur critique qu'avec extrémités libres. Enfin, nous pouvons calculer la valeur critique pour différentes longueurs et sections, et cette valeur ne dépend pas de la résistance à l'écrasement mais de la rigidité des matériaux.

Un autre exemple ayant quelque analogie avec le cas des étais est celui d'un arbre de transmission tournant a un grand nombre de tours par minute et supporté par des paliers assez éloignés l'un de l'autre; pour simplifier, nous supposerons que l'arbre ne porte pas de poids additionnels constitués, par exemple par des poulies. Comment cet arbre se comportera-t-il en ce qui concerne la force centrifuge à mesure que la vitesse augmentera? Dans ce cas, tant que l'arbre reste absolument droit il n'est aucunement affecté par la force centrifuge, mais supposons qu'il s'infléchisse légèrement, il est alors évident que si la vitesse devient énorme, cette flexion augmentera jusqu'au point où l'arbre se brisera. Dans ce cas encore nous pouvons traiter le problème mathématiquement; nous trouvons que l'état de l'arbre est exprimé par une équation différentielle du quatrième ordre, et la solution de cette équation indique qu'au-dessous d'une certaine limite de vitesse l'arbre tendra à se raidir après une flexion momentanée, mais que si la vitesse dépassait cette valeur critique, la flexion tendrait à augmenter et amènerait probablement la destruction de l'arbre. Je ne sache pas que ces deux questions puissent être comprises sans quelque connaissance des équations différentielles.

Nous avons un problème du même genre dans le cas de cylindres creux, soumis à une compression s'exerçant de l'extérieur, comme dans les tubes des chaudières. Que ces tubes soient épais ou minces, tant qu'ils ont la forme de cylindres circulaires parfaits, ils résistent à la pression jusqu'à la limite d'écrasement du métal. Mais qu'arrivera-t-il si le tube a, pour une raison quelconque, une forme un peu différente de la forme cylindrique? La solution ne peut-être obtenue sans avoir recours aux mathématiques.

L'exemple suivant montre comment une conclusion mathématique, correcte entre les limites où elle est applicable, peut induire en erreur lorsqu'on l'étend au-delà de ces limites, et comment une discussion mathématique plus approfondie donne un résultat exact. Pour le cas d'arbres de transmission soumis à une torsion, Coulomb a montré que la raideur et la force d'un arbre ayant la forme d'un cylindre circulaire peuvent être facilement calculées, si l'on connaît les constantes d'élasticité transversale de la matière, et sa résistance au cisaillement. A cause de la symétrie complète autour de l'axe, il est évident que des points faisant partie d'un plan perpendiculaire à l'axe avant la torsion occuperont encore ce plan après la torsion de l'arbre; il est clair aussi que l'angle que décriront tous les points d'un même plan, sera le même; le problème est donc très simple. Mais on a quelquefois donné aux résultats de Coulomb une application injustifiée. On a admis qu'ils sont applicables à d'autres cas que celui de cylindres circulaires complets; en supposant alors que tous les points faisant partie d'un plan perpendiculaire à l'axe restent dans ce plan pendant la torsion, on est arrivé à des résultats très erronés.

On peut se rendre compte de l'erreur par la considération d'un cas extrême. La figure 1 représente un arbre creux cylindrique incomplet, coupé par un plan passant par l'axe. Dans ce cas la torsion donne la figure que montre la vue en élévation; deux points, A et B, qui se trouvaient dans le même plan perpendicu-

Digitized by Google

laire à l'axe, sont maintenant dans des plans différents. Saint-Venant (1) a étudié en 1855 la question des arbres sans faire d'hypothèse incorrecte; il a exprimé l'état de la matière par une équation différentielle partielle du second ordre. Une solution générale du problème pour toutes les formes d'arbres n'a pas été obtenue, mais Saint-Venant donne un certain nombre de solutions pour des formes particulières, et il obtient quelques résultats intéressants. Dans tous les cas la raideur de l'arbre est moindre que ne l'indiquerait l'application erronée de la théorie de Coulomb.

La figure 2 montre les tensions dans un

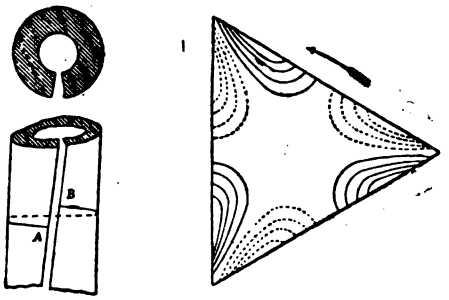


Fig. 1 et 2

arbre de section triangulaire; les traits pleins que les parties de l'arbre occupant un même plan avant la torsion s'élèvent au-dessus du plan; les lignes pointillées indiquent qu'elles se retirent au-dessous du plan du papier. L'effort de cisaillement est minimum aux angles du triangle, et maximum au milieu des côtés. C'est donc en ces derniers points que l'arbre commencera à se fendre sous l'effort de torsion. Le fait est probablement bien connu des praticiens, mais il est directement en contradiction avec la conclusion à laquelle on arriverait en interprétant la théorie de Coulomb au delà des limites étroites entre lesquelles elle est applicable. Les nervures longitudinales que l'on voit souvent sur d'anciens arbres en fonte sont assez utiles pour donner aux arbres de la résistance à la flexion, mais ne servent que très peu pour renforcer la résistance à la torsion.

Une autre application de la théorie qui a été poussée un peu plus loin que ne l'admettent les prémisses se rencontre dans le cas des poutres. On a l'habitude presque constante de traiter ce cas comme si la section de la poutre conservait sa forme primitive après la flexion. En faisant cette supposition il est très facile de calculer la force et la rigidité d'une poutre de section quelconque. Malheureusement, l'hypothèse est injustifiée; mais, heureusement, elle est approximativement vraie dans le cas de la plupart des poutres dont les ingénieurs ont à se servir dans la pratique.

On peut se rendre compte aisément de l'inexactitude de l'hypothèse en question, en

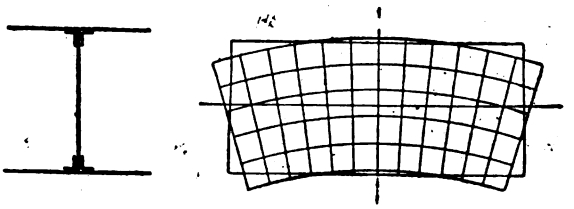


Fig. 3 et 4.

considérant une poutre de forme exagérée, comme celle dont la figure 3 donne la section. Tout praticien verrait immédiatement que les parties extérieures des semelles ajouteraient peu à la résistance de la poutre, mais suivant la théorie mathématique en usage, ces parties seraient aussi efficaces que celles qui se trouvent plus près de l'âme. Saint-Venant traite également ce problème correctement. Entre autres particularités, il montre qu'une poutre de section rectangulaire, comme celle représentée par la figure 4, prendrait après flexion la forme indiquée par les lignes courbes. Ces deux derniers exemples montrent comment une connaissance incomplète peut être dangereuse, et combien toute personne voulant appliquer le calcul sans avoir des connaissances mathématiques approfondies, peut être facilement induite en erreur.

La théorie des cylindres épais soumis à de fortes pressions intérieures a beaucoup d'ap-

(1) Mémoire des savants étrangers, 1855; et Thomson and Tait, « Treatise on Natural Philosophy. »

Digitized by Google

plications importantes dans les presses hydrauliques et dans les canons. Comme d'ordinaire, on est conduit à des équations différentielles, qui peuvent heureusement être résolues sans difficulté sérieuse, et la solution nous donne tous les renseignements voulus. Nous apprenons qu'en doublant l'épaisseur des parois nous ne doublons pas du tout la résistance des cylindres, et inversement, qu'en doublant la résistance propre de la matière nous pouvons diminuer l'épaisseur de plus que de moitié.

Il y a vingt-cinq ans les presses hydrauliques étaient faites pour la plupart en fonte. Beaucoup de gens ne furent pas peu étonnés de la grande réduction dans l'épaisseur et dans le poids de ces machines qui devint possible lorsqu'on substitua l'acier à la fonte. Dans le cas des canons, on sait bien que l'on obtient plus de résistance quand on laisse les cercles extérieurs se contracter autour de l'âme intérieure (1). La théorie mathématique nous indique quelle contraction doit nous donner les meilleurs résultats. Il n'est peut-être pas nécessaire de suivre les résultats de la théorie minutieusement, mais sans le guide de la théorie il ne serait pas impossible que l'on se servît d'une contraction si grande que le canon serait moins résistant que sans contraction du tout.

Le mouvement de roulis des navires donne une illustration d'un principe ayant des applications très variées dans beaucoup de branches de la physique. Supposons qu'un corps capable d'osciller en un certain temps périodique, soit soumis à une force perturbatrice de période donnée ; l'équation du mouvement montre aisément que la perturbation résultante sera grande si les deux périodes sont égales ou presque égales.

En acoustique, ce principe est celui de la résonance. Si deux diapasons sont accordés à la même hauteur de son, et que l'un soit ébranlé dans le voisinage de l'autre, cet autre sera mis en vibration par les ondes transmis à travers l'air par le premier.

La même idée fondamentale se trouve dans la théorie lunaire dans le terme de l'équation connu sous le nom de l'évection, de même que dans la théorie des satellites de Jupiter.

La cause des bandes noires d'absorption que donnent les métaux de l'atmosphère solaire dans le spectre et dont la position correspond à celle des bandes brillantes dans le spectre direct de ces métaux est encore la même.

Les gaz absorbent les ondes de l'éther qui présentent la même période que celle des ondes qu'ils peuvent communiquer à l'éther.

L'explication générale de tous ces phénomènes est aisée. Prenons un pendule, et supposons qu'il soit soumis à l'action d'une force perturbatrice périodique ; la première impulsion de la force donne au pendule une légère oscillation, l'effet de la deuxième impulsion dépend entièrement de l'époque à laquelle elle est donnée ; elle peut se produire de telle sorte qu'elle neutralise l'effet de la première, ou qu'au contraire elle le renforce. Si la période de la force est la même que la période naturelle du pendule, l'effet des impulsion successives s'ajoutera à celui de la première, et la perturbation finale sera grande même si les impulsion individuelles, sont minimes.

Mais la théorie mathématique nous apprend bien plus que toute explication générale. Elle nous fait connaître exactement la nature de l'effet produit, ainsi que sa valeur dans le cas où les périodes sont presque égales mais non exactement. Elle nous dit aussi comment le frottement affecte le résultat. Et la beauté de la théorie mathématique, c'est qu'elle est la même pour tous les exemples cités. Le corps oscillant peut être un cuirassé ou un atome d'hydrogène, la force perturbatrice peut être due aux vagues de l'Atlantique, ou aux ondes de l'éther se produisant cinq cents millions de millions de fois en une seconde ; pour le mathématicien le problème ne change pas.

La question de la vitesse des navires et de

(1) Lamé. « Leçon sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides. » Quatorzième leçon.

Digitized by Google

leur puissance de propulsion se traite peut-être plus efficacement par l'expérimentation sur des modèles que par les mathématiques seules; mais pour tirer des expériences tout ce qu'elles peuvent nous apprendre, il faut raisonner mathématiquement. Admettons que nous connaissons par l'expérience un modèle donné, que nous savons la force nécessaire pour sa propulsion à toutes les vitesses; il est nécessaire que nous sachions comment se comporterait un grand navire, 100 fois plus grand que le modèle mais de forme semblable, et c'est ici où les mathématiques nous viennent en aide.

La construction des vaisseaux nous mène à l'art de les gouverner. Quoique la navigation ne rentre pas à proprement parler dans la branche de l'ingénieur, son outillage l'intéresse. La boussole du marin a été à travers les âges le principal guide du navigateur, et c'était un instrument bien simple jusqu'à ce que le fer des vaisseaux modernes soit venu le troubler. La perturbation de la boussole sous l'influence du fer de la coque a été d'abord étudiée sérieusement par deux sommités en mathématique, sir G. Airy et M. Archibald Smith.

La perturbation peut se diviser en deux parties, la première due à l'aimantation permanente du navire, la seconde au magnétisme temporaire induit par l'action de la terre sur le fer de la coque — la première cause l'erreur semi-circulaire, l'autre l'erreur quadrantale. On n'a qu'à ouvrir le « Manuel des déviations de la boussole », de l'Amirauté, pour voir comment les mathématiques d'Archibald Smith ont conduit à une compréhension juste du sujet.

Les erreurs de la boussole sont traitées de deux manières : elles sont compensées par des protecteurs en fer doux et par des aimants permanents disposés de façon à produire un effet égal mais de sens contraire à celui des aimantations temporaire et permanente du navire. Ou encore on les traite par des formules de correction qui permettent de calculer l'erreur quand on connaît le cours du vaisseau et les conditions du magnétisme terrestre; on peut aussi combiner les deux méthodes. Elles sont basées toutes deux sur la théories d'Archibald Smith.

Nous ne saurions abandonner la question de la boussole marine sans dire un mot des grands perfectionnements introduits par lord Kelvin. Ces perfectionnements se rapportent à toutes les parties de l'instrument, et l'on peut dire qu'aucun d'eux n'aurait pu être fait par une personne autre qu'un mathématicien. Pour maintenir la rose immobile il savait que sa période devait être différente de toutes les périodes possibles des vagues, afin d'éviter l'effet de résonance dont nous venons de parler; il donna donc à la rose un grand moment d'inertie, mais c'est ce qu'il put atteindre avec une rose légère, de sorte que de petites aiguilles purent être employées. Avec des aiguilles petites la correction par des masses de fer doux et des aimants permanents est plus facile et plus exacte. Ensuite il fallait donner au corps de la boussole un support convenable pour empêcher les chocs, et on eut recours à l'amortissement par frottement dans un fluide. Finalement, on découvrit une méthode très élégante pour corriger la boussole sans faire le point. Dans chaque détail de ces perfectionnements on peut s'apercevoir que l'esprit de l'inventeur est celui d'un mathématicien habile.

Un facteur essentiel de sécurité pour la navigation est l'établissement des phares. Le problème optique de l'ingénieur est de construire des appareils qui dirigent utilement toute la lumière produite. Les formes actuelles des appareils sont, dans leurs parties essentielles, dues à Fresnel, le savant mathématicien qui fonda sur une base absolument ferme la théorie ondulatoire de la lumière. Pour établir convenablement un appareil d'optique il faut employer des formules, et l'avantage est considérable si celui qui s'en sert est capable de les déduire lui-même.

(*A suivre.*) A. H.

Digitized by Google

CHRONIQUE

Le gouvernement de la Reine vient d'approuver officiellement l'ohm, l'ampère et le volt recommandés par le Board of Trade. Rappelons les définitions de ces unités de mesure et de leurs étalons.

L'ohm, égal à 10^9 unités rapportées au centimètre à la seconde, est représenté par la résistance qu'offre à un courant invariable une colonne de mercure, à la température de la glace fondante, présentant une masse de 14,4521 grammes, de section uniforme et d'une longueur de 106,3 centimètres.

L'ampère, égal à 10^{-1} unité C. G. S. est représenté par le courant invariable qui, passant dans une solution de nitrate d'argent préparée d'après les prescriptions du Board of Trade, fait déposer 0,001118 gramme d'argent par seconde.

Le volt, égal à 10^8 unités C. G. S., est la tension électrique qui, appliquée aux extrémités d'un conducteur dont la résistance est d'un ohm, y produit un courant d'un ampère, et est représenté par 0,6974 fois la force électromotrice, à la température de 15°, de l'élément Clark préparé suivant les indications du Board of Trade.

Ces unités seront donc employées dorénavant dans le Royaume-Uni au même titre que le yard et le pound.

A propos de ces derniers, faisons remarquer que le mouvement qui s'est manifesté dans ces derniers temps, en faveur de l'adoption du système métrique, prend de plus en plus d'extension. Les industriels anglais reconnaissent, en général, les avantages de ce système, qui depuis peu a trouvé aussi de nombreux défenseurs sur le domaine commercial. On annonce, en effet, que le Congrès annuel des Chambres de commerce de la Grande-Bretagne a décidé, le mois dernier, de recommander l'application du système métrique décimal.

Après avoir longuement discuté les différents moyens qui se présentent pour combattre, dans les systèmes de tramways à ligne aérienne et retour par les rails et la terre, les actions perturbatrices qu'exercent les courants dérivés sur les tuyaux métalliques souterrains et sur les lignes téléphoniques, on a fini, par conclure, en Amérique, que le plus simple était encore de mettre à la terre le pôle négatif et d'augmenter la conductibilité du retour, en ajoutant aux rails des conducteurs en cuivre. Mais ne diminue-t-on pas ainsi la supériorité tant vantée du tramway à trolley, au point de vue de l'économie d'installation?

C'est en répondant à cette question que M. Nelson W. Perry vient à préconiser, dans la *Street Railway Gazette* l'emploi d'une double ligne aérienne et d'un double trolley. Les difficultés pratiques paraissent avoir été vaincues, puisqu'on nous dit qu'à Cincinnati, des tramways établis d'après ce système donnent de bons résultats. L'*Electrician*, de Londres, fait observer que la compagnie des tramways de Cincinnati et la compagnie téléphonique de cette ville sont entre les mains des mêmes actionnaires; de là, le sacrifice fait par la première en faveur de la seconde. Mais si le tramway à double trolley fonctionne bien et ne trouble en rien les transmissions téléphoniques, il est juste de le recommander même dans les cas où ces deux genres d'intérêts ne seraient pas communs aux mêmes individus.

La question ainsi soulevée est d'ailleurs susceptible de recevoir une autre solution, que M. Seaman expose dans une lettre à notre confrère anglais. Il propose d'appliquer la distribution à trois fils, de telle sorte que la ligne de la voie d'aller forme un des ponts, la ligne de la voie de retour l'autre pont. et que le retour par la terre joue le rôle de conducteur neutre. Ce système appliqué à un réseau assez étendu ou assez fréquenté réduirait le courant passant dans la terre et répondrait par là aux principales objections faites au trolley simple. Il serait encore nécessaire de veiller à une bonne communication métallique entre les rails, mais on économiserait les feeders.

Aux observations de M. Egger, sur l'historique des tramways electriques que nous avons résumées dans notre dernière chronique, nous ajouterons les suivantes :

La régulation de la vitesse à l'aide de différents couplages des bobines de l'excitation a été abandonnée dans les voitures à deux moteurs; on fait usage de commutateurs accompagnés de rhéostats graduateurs, qui permettent de coupler

Digitized by Google

les deux moteurs en série lors du démarrage, et de les combiner en parallèle quand la vitesse normale est atteinte.

L'emploi de rhéostats dans les différentes manœuvres de réglage est d'ailleurs la source de pertes considérables; le rendement moyen des moteurs avec simple réduction de vitesse n'est guère supérieur à 60 o/o et descend jusqu'à 10 o/o au démarrage.

La substitution de la simple réduction de vitesse à la double réduction, quoique pratiquement un progrès, a cependant ses inconvénients : l'effort de traction exigé de l'induit est presque doublé, si la vitesse des essieux reste la même; le poids du moteur augmente : l'équipement d'une voiture à deux essieux moteurs pèse de 2500 à 4000 kilogrammes. Dans les voitures automotrices ce poids n'est nullement nécessaire pour l'adhérence, qui est toujours suffisante; il augmente l'importance des chocs communiqués à la voiture à chaque passage sur un joint des rails, et la fatigue de l'infrastructure est considérable.

M. Egger cite ensuite quelques chiffres donnant une idée de l'importance relative des différents facteurs qui interviennent dans le prix de revient; leurs valeurs absolues varient considérablement selon les circonstances locales. Il est intéressant de remarquer que le prix de la production de l'énergie électrique ne forme que 10 o/o des frais totaux de l'exploitation. La traction électrique, dans l'état actuel, ne semble donc pas offrir au capital une rémunération lucrative.

L'auteur indique les moyens suivants pour améliorer l'état actuel de la traction électrique :

Emploi d'un seul moteur puissant (jusqu'à 30 chevaux) avec suspension très soignée;

Couplage des deux essieux, afin de les rendre tous les deux moteurs;

Emploi de génératrices hyper compoundées, afin de faire face aux chutes de tension très considérables sur la ligne;

Emploi d'un moteur à vitesse constante qui, pendant les arrêts de courte durée, continue à tourner à vide, grâce à une disposition permettant de débrayer l'engrenage; on réaliserait ainsi une économie sérieuse lors des démarrages, mais ce dispositif implique l'emploi d'une transmission variable;

A la descente des rampes on doit abandonner le freinage mécanique; le moteur lui-même pourrait agir comme frein.

Ces divers *desiderata* ne peuvent être réalisés qu'avec un moteur shunt, et le problème à étudier est celui de la construction d'un moteur de ce genre adapté à la traction électrique Les rhéostats de manœuvre se trouveraient d'ailleurs simplifiés et ne donneraient plus lieu qu'à des pertes minimes.

Il est entendu que les Américains font toujours grand et très souvent « le plus grand ». Si quelquefois cette habitude frise le ridicule, en se portant sur des objets d'un caractère simplement original et, ni artistique ni utilitaire, nous devons reconnaître que dans d'autres cas ce peuple de progrès nous donne l'exemple à suivre.

C'est, dans le domaine de l'enseignement supérieur, l'histoire de la création de l'Université de Chicago, qui appelle aujourd'hui notre admiration. Il y a deux ans, nous apprend *Engineering*, cette Université n'existait qu'à l'état de projet dans l'esprit de quelques personnes; aujourd'hui, elle possède de grands terrains sur les bords du lac Michigan, avec d'imposants bâtiments, offrant de vastes locaux à une population de 1000 étudiants.

La nouvelle Université doit sa fondation à la générosité de M. John Rokefeller, qui, en 1889, offrit dans ce but une somme de 3 millions de francs, à la condition qu'une somme de 2 millions souscrite par d'autres donateurs viendrait compléter ce premier versement. Les réponses que reçut M. Rockefeller furent telles que pour manifester sa satisfaction il mit immédiatement un chèque de 5 millions à la disposition de l'œuvre.

L'exemple devint alors contagieux : une somme de 3 millions et demi fut versée dans la caisse de l'Université par la volonté du maire, M. William Ogden; M. A. Kent offrit 1 million pour la création d'un laboratoire de chimie; G. C. Walker, 500,000 francs pour un musée; Martin A. Ryerson, 500,000 francs pour un laboratoire de physique; le major H. A. Rust, 350,000 francs pour un réfectoire; et le Marschall Field, 2,250,000 francs, pour un laboratoire de biologie. Vint ensuite M. Yerkes, donnant 2 millions et demi pour la construction d'un télescope devant surpasser celui de Lick. On ne trouve pas sur cette liste le

Digitized by Google

nom de M. Armour, qui venait de dépenser la peccadille de 10 millions pour créer un Institut indépendant.

Après les donateurs, les donatrices. Mme Henriette Snell donna 275,000 francs; Mme Mary Beecher, 250,000; Mme E. J. Kelly, 250.000; et Mme N.S. Foster, 315,000.

La commission exécutive de l'Université put donc commencer ses travaux sans crainte d'insuffisance de crédits. La construction des bâtiments fut commencée en novembre 1891, et lorsqu'ouvrit l'Exposition, en mai 1893, sept d'entre eux, coûtant 4 millions et demi, étaient terminés.

L'Université est divisée en trois facultés : arts, science et théologie. Le règlement intérieur présente des particularités curieuses. S'il est vrai que chez nous on abuse des vacances, Chicago semble errer par l'adoption de l'extrême opposé. Par une mesure radicale, toutes vacances de quelque durée sont supprimées. La dernière semaine de chaque trimestre seulement est consacrée, comme s'exprime notre confrère, à un peu de dépolarisation mentale.

Le corps enseignant de l'Université de Chicago, comprend plus de cent professeurs et préparateurs C'est le docteur Harper, de Yale's University, qui dirige cette importante institution.

La Compagnie Solvay de Bernburg, en Allemagne, projette l'établissement à Osternienburg d'une grande usine pour la préparation électrolytique de la potasse caustique, du chlore et des hypochlorites.

Les procédés C. Kellner pour la fabrication de la soude caustique et du chlorure de chaux par l'électrolyse vont être mis en œuvre à Golling, en Autriche, par une compagnie qui vient de se former à Vienne sous le nom de « Consortium fuer Elektrochemische Industrie. » La nouvelle usine utilisera les forces motrices hydrauliques du Salzbach.

Aux ateliers de la Compagnie de raffinage et de fonderie de Saint-Louis (Etats-Unis) un procédé électrolytique de raffinage a été substitué à l'ancienne méthode de traitement par l'acide sulfurique de l'argent aurifère contenant 0,5 o/o d'or.

L'argent est coulé en lingots de 25 centimètres de longueur sur 20 de largeur et 6 d'épaisseur. Ces lingots sont réunis deux par deux dans des sacs de lin pour former l'anode, tandis qu'une plaque d'argent forme la cathode. Les vases sont formés de bacs en bois divisés en sept cellules et rendus imperméables par un recouvrement de bitume ; chaque bac contient 70 paires d'électrodes disposées en série.

D'après M. Schnabel, la force électromotrice que nécessite chaque bain est de 1,5 volt, avec une densité de courant de 350 ampères par mètre carré, qui est fournie par une dynamo de 100 volts et 200 ampères actionnée par une machine Westinghouse de 30 chevaux.

L'électrolyte employé est de l'eau contenantun dixième pour cent d'acide nitrique, on y ajoute au cours de l'opération une solution très faible de nitrate d'argent. Les anodes se dissolvent entièrement en 30 à 40 heures ; l'argent réduit se sépare sous une forme cristalline et forme des branches qui tendent à relier l'anode à la cathode, et donnent fréquemment de courts circuits. Pour obvier à cette difficulté on emploie un appareil qui râcle le dépôt sur la cathode de temps en temps et fait en même temps circuler le bain.

L'argent ainsi enlevé tombe au fond du bain dans des boîtes à double fond perforé et couvert de toiles pour recueillir le précipité que l'on enlève une fois par jour. L'or finement divisé reste dans les sacs contenant les anodes, où on le laisse s'accumuler pendant une semaine. On le traite ensuite par l'acide nitrique bouillant, puis il est lavé, séché et fondu avec un peu de sable ou de borax, et le métal obtenu est au titre de 0 999. L'argent, après lavage et séchage est exempt d'or et titre 0,9995.

A Saint-Louis, on traite ainsi journellement 933 kilogrammes d'argent, et à Pittsburgh le même procédé est employé dans une installation qui traite 1240 kilogrammes par jour. Dans cette dernière fabrique on fait fondre l'or finement divisé avec un peu d'argent avant de le traiter par l'acide nitrique bouillant.

Une locomotive électrique construite par MM. Sprague, Duncan et Hutchinson pour la ligne du Northern Pacific doit être mise en ser-

Digitized by Google

vice dans quelques semaines. Cette machine, du poids de 65 tonnes porte sur chacun de ses quatre essieux une dynamo à quatre pôles de 250 chevaux. La puissance totale est donc de 1000 chevaux. Les roues ont un diamètre de 1,32 mètre, et la vitesse calculée est de 56 kilomètres à l'heure.

Avec ses usines des Halles, de l'Hôtel-de-Ville, des Buttes Chaumont, etc., la Ville de Paris est actuellement passée à l'état d'entrepreneur d'éclairage électrique, et non des moindres.

Quelles que soient les désillusions qu'a rencontré la Ville dans la voie où elle a crû devoir s'engager, il n'en est pas moins vrai que le service municipal ainsi créé s'est constamment développé jusqu'ici, et n'a sans doute pas encore atteint tout son développement. Aussi, serait-il peut-être temps de procéder à l'égard des stations municipales comme procéderait un industriel quelconque, de les soustraire au manque d'homogénéité qui résulte pour elles de leur attribution aux ingénieurs des différentes sections des Travaux de Paris, dont la tâche est cependant bien assez lourde déjà.

A propos du câble du Pacifique, on peut remarquer que grâce aux sondages multiples qui ont été effectués depuis vingt ans dans toutes les régions du Pacifique, on sait qu'aucun des gouffres qui s'y trouvent n'a une profondeur dépassant 7 000 mètres, la hauteur des plus hauts sommets des Andes, mais moins que celle du Gaori-Sankar, et de ses deux frères cadets de l'Himmalaya, le Dapsang et le Kintchin-Djinga.

Comme l'on sait aujourd'hui fabriquer des câbles qui supporteraient sans rompre une longueur de 14 kilomètres, le plus profond de ces gouffres ne peut offrir aucune difficulté sérieuse. Les grappins des navires câbliers iront sans difficulté saisir les lignes télégraphiques au fond de ces abîmes pour en réparer les fautes.

Il n'y a que les considérations politiques et économiques qui puissent décider du tracé des lignes. On n'a nullement besoin, tant le progrès est considérable, d'éviter ces abîmes. Aussi le cahier des charges n'indique-t-il pas moins de huit tracés entre lesquels le gouvernement des colonies anglaises se réserve le droit de choisir.

Le Post-Office anglais fait, paraît-il, des essais sur le transport des lettres par les voitures de tramways, afin de permettre aux habitants de la banlieue d'une ville de gagner un temps très appréciable. Nous ferons observer que ce système fonctionne à Paris depuis déjà pas mal de temps; il est d'ailleurs de la plus grande simplicité. Sur un certain nombre de lignes reliant la banlieue à Paris, on a placé sur chaque voiture une boîte aux lettres, qu'en arrivant en ville le conducteur remet au premier bureau de poste. L'avantage que présente ce service, c'est que de Saint-Denis, par exemple, on peut envoyer une carte télégramme à Paris, en la confiant à la boîte du tramway électrique.

Les Etats-Unis sont d'ailleurs déjà en avance sur nous. A Chicago, des tramways font pour le compte du Postmaster, le service entre les bureaux auxiliaires et le bureau central. A Brooklyn, on est allé plus loin; deux voitures de tramways électriques sont aménagées en fourgons de poste et font un service régulier dans la ville.

L'*Electrical Engineer*, de New-York, donne des détails sur un nouveau projet de transmission de force en Californie. Il s'agit de transmettre électriquement la force motrice disponible à Clear Lake à San Francisco, sur une distance de 120 kilomètres. Trois conduites en acier de 1,50 mètre de diamètre et de 12 kilomètres (?) de longueur amèneraient l'eau à la station génératrice, où, en actionnant sous une chute de 140 mètres de hauteur des roues Pelton, elle développerait 28950 chevaux. En comptant sur un rendement de 72 o/o on donnerait donc à San Francisco 20845 chevaux.

On propose d'employer des unités génératrices de 1000 chevaux et une tension de 25000 volts sur la ligne.

Le coût total de l'installation est évalué à 20 millions de francs. A San Francisco le combustible est coûteux, et la force motrice revient à 50 francs par cheval et par mois. Comme malgré cela il y a environ 60,000 chevaux-vapeur en service dans la ville et que la Compagnie de Clear Lake vendra le cheval par mois à 25 francs, on voit que les conditions sont favorables à cette grande entreprise.

Le Gérant: L. DENNERY.

Imprimerie ALCAN-LÉVY, 24, rue Chauchat, Paris

Digitized by Google

1re Année — Samedi 13 Octobre 1894 — N° 5

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITE

3, RUE RACINE, PARIS

Directeur P. H. LEDEBOER, Docteur ès-sciences

SOMMAIRE. — Influence des armatures sur les phénomènes d'induction dans les câbles, E. Guye. — Détails de construction des machines dynamos, Gustave Richard. — L'électricité à l'Exposition de Lyon, Ch. Jacquin. — Observations relatives à trois coups de foudre, communiqués par M. le professeur Zenger, W. de Fonvielle. — Extraits de la presse industrielle. Communications. Sur les courbes de la force électromotrice et du courant dans différents types d'alternateurs et leur influence sur la puissance lumineuse des lampes à arc, par C. Roessler et W. Wedding. — Câbles sous-marins, S. Thompson. — Revue des Sociétés savantes et des publications scientifiques. Sur deux méthodes pour l'étude des courants dans les circuits ouverts et des courants de déplacement dans les diélictriques et les électrolytes par M. de Nicolaïeff. — Sur le courant minimum perceptible dans le téléphone par lord Rayleigh. — Essai d'une théorie quantitative du téléphone, par lord Rayleigh. — Variétés, Les mathématiques dans l'art de l'ingénieur, par John Hopkinson. — Chronique.

INFLUENCE DES ARMATURES

SUR LES

PHÉNOMÈNES D'INDUCTION DANS LES CABLES

Dans cette courte étude, je me propose de montrer comment l'on peut calculer, d'une façon relativement simple, l'influence d'une armature de fer sur les phénomènes d'induction dans un câble électrique, lorsqu'on connait approximativement les propriétés magnétiques du fer employé.

Considérons d'abord un câble simple, rectiligne (fig. 1), formé d'un conducteur central C, entouré d'une armature en fer. Ce câble fait naturellement partie d'un circuit fermé, et nous supposerons dans le calcul suivant que le conducteur de retour est suffisamment éloigné pour que son action magnétique sur l'armature puisse être négligée, en comparaison de celle qu'exerce le conducteur C.

Dans ce cas, la force magnétique F, en un point voisin et extérieur au conducteur C, est la même que si le courant total était concentre sur l'axe du conducteur; cette force a, comme on sait, pour expression :

$$F = \frac{2I}{\rho}$$

I designant l'intensité du courant en C, ρ, la

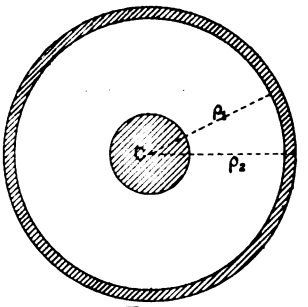


Fig. 1.

distance du point considéré à l'axe du conducteur.

Il en résulte qu'en chaque point du fer, l'aimantation est tangente à une circonférence ayant pour centre l'axe du conducteur; l'armature constitue alors un aimant fermé sans action sur un point extérieur quelconque. La distribution et l'intensité du champ magnétique, considérée en dehors de l'armature, sera

Digitized by Google

par conséquent la même que si cette armature n'existait pas.

On sait d'autre part, que le coefficient de self-induction d'un circuit peut être défini comme étant le rapport de la variation du flux de force qu'embrasse le circuit, à la variation de l'intensité du courant qui le traverse ; l'équation de définition est donc :

$$L = \frac{d\Phi}{dI}$$

Dans le cas particulier qui nous occupe, nous pouvons décomposer le flux total Φ en deux parties et poser

$$\Phi = \varphi + \varepsilon$$

expression dans laquelle φ représente le flux de force qui traverserait le circuit si l'armature magnétique n'existait pas; et ε désigne l'augmentation de flux provenant de la présence de cette armature. On a donc

$$L = \frac{d\varphi}{dI} + \frac{d\varepsilon}{dI}$$

Le premier terme, relatif à un milieu de perméabilité constante, demeure invariable quelle que soit l'intensité ; le second, relatif à l'armature magnétique, est variable puisque la perméabilité magnétique du fer varie avec la force magnétisante.

En résumé, ce mode de raisonnement revient à exprimer le coefficient de self-induction du câble armé au moyen de deux termes, dont l'un représente le coefficient de self-induction du câble sans armature, l'autre la correction variable provenant de la présence de cette armature.

Le cœfficient de self induction du câble non armé se calculera par les méthodes habituelles; désignons le par L'.

Quant à la correction $\frac{d\varepsilon}{dI}$ elle peut être déterminée de la façon suivante :

Si l'on désigne par l la longueur du câble, le flux de force qui traverse l'armature a pour valeur

$$l \int_{\rho_1}^{\rho_2} \mu . F . d\rho$$

μ étant la perméabilité magnétique, ρ_1 et ρ_2 les rayons intérieurs et extérieurs de l'armature. Si le milieu n'était pas magnétique on aurait seulement

$$l \int_{\rho_1}^{\rho_2} F . d\rho$$

de sorte que

$$\varepsilon = l \int_{\rho_1}^{\rho_2} \mu \, F . d\rho - l \int_{\rho_1}^{\rho_2} F . d\rho$$

ou en remplaçant u par sa valeur bien connue $1 + 4\pi K$

$$\varepsilon = 4\pi l \int_{\rho_1}^{\rho_2} F . K . d\rho$$

Comme le rapport $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ est toujours assez voisin de l'unité, on peut généralement supposer que la susceptibilité magnétique K possède à chaque instant la même valeur pour tous les points de l'armature. Supposant donc K constant et remplaçant F par sa valeur, on a par intégration

$$\varepsilon = 8\pi l K I \log \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

Si le conducteur C est parcouru par des courants variables (alternatifs par ex.), l'intensité I et la susceptibilité K deviennent alors des fonctions du temps ; ρ varie donc à chaque instant et l'on peut dire, d'une façon générale, qu'il en sera de même $\frac{d\varepsilon}{dI}$ de et par conséquent du cœfficient de self induction.

Mais pour les calculs de la pratique, on a une approximation suffisante en supposant que K possède une valeur constante K_1, comprise entre la plus grande et la plus petite valeur que prend la susceptibilité dans le cours de la période. C'est d'ailleurs la supposition

Digitized by Google

que l'on est obligé d'introduire dans la théorie des transformations et sans laquelle on ne parvient pas à simplifier suffisamment les formules pour les rendre utiles. Nous l'introduirons donc aussi ; K_I étant supposé constant il vient

$$\frac{d\varepsilon}{dI} = 8\pi l K_1 \log \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

et le cœfficient de self induction du câble armé devient pour l'intensité alternative I

$$L = L' + 8\pi l K_1 \log \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

Il est aisé de voir que ce cœfficient K_I, comme la susceptibilité K, va en augmentant pour de faibles forces magnétisantes, passe par un maximum à partir duquel il décroît indéfiniment à mesure que la force magnétisante continue de croître. Il en résulte que le coefficient de self induction donné par la formule précédente suivra naturellement une fluctuation analogue.

A titre d'exemples nous allons passer en revue quelques cas d'induction dans les câbles.

A. Considérons d'abord un câble armé rectiligne (fig. 1); si l'un néglige l'action du courant de retour, le coefficient L' est égal à

$$2l\left\{\log\frac{2l}{r} - 0{,}75\right\}$$

l représentant la longueur et r le rayon du conducteur C.

Le coefficient de self-induction du câble armé sera

$$L = 2l\left\{\log\frac{2l}{r} + 4\pi K_{(1)} \log\frac{\rho_2}{\rho_1} - 0.75\right\}$$

B. Envisageons en second lieu un câble formé de deux systèmes concentriques de n fils égaux (fig. 2); nous nous proposons de calculer:

1° Le coefficient de self-induction du système intérieur considéré isolément; soit L_1.

2° Le coefficient de self-induction du système extérieur; soit L_2.

3° Le coefficient d'induction mutuelle des deux systèmes; soit $M_{(1,2)}$.

4° Le coefficient de self-induction du câble lorsque le système central forme le conducteur d'aller, le système périphérique le conducteur de retour; soit L.

J'ai développé récemment (1) des formules qui permettent de calculer ces divers coefficients d'induction pour un câble non armé.

Elles donnent dans le cas d'un câble rectiligne de grande longueur l

$$L'_1 = 2l\left\{\log\frac{2l}{a_1} - 1\right\}$$

expression dans laquelle

$$\log a_1 = \frac{1}{n}\log\left(0.7788\, r n R_1^{n-1}\right)$$

a_1 est la moyenne distance géométrique de tous les éléments de la section du système intérieur,
r le rayon d'un fil,
n le nombre des fils du système.

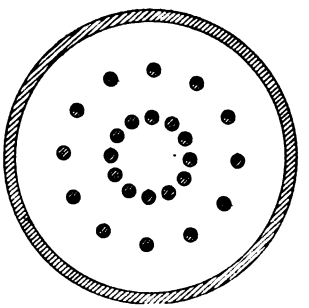


Fig. 2.

R_1 le rayon de la circonférence sur laquelle ils sont répartis:

On a de même

$$\left\{\begin{array}{l} L'_2 = 2l\left\{\log\dfrac{2l}{a_2} - 1\right\} \\ \log a_2 = \dfrac{1}{n}\log\left(0.7788\, r n R_2^{n-1}\right) \end{array}\right.$$

$$\left\{\begin{array}{l} M'_{(1,2)} = 2l\left\{\log\dfrac{2l}{a_{(1,2)}} - 1\right\} \\ \log a_{(1,2)} = \dfrac{1}{n}\log\left(R_2^n - R_1^n\right) \end{array}\right.$$

$$L' = 2l\left\{\log\frac{a_{(1,2)}}{a_1 a_2}\right\}$$

(1) Ch. Eug. Guye. — Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 11 juin, 16 juillet 1894 « l'*Eclairage Électrique* » 15 septembre 1894.

Digitized by Google

Tels sont les cœffients d'induction sans armature magnétique. Pour calculer la correction relative à l'armature, nous ne nous écarterons pas beaucoup de la réalité, (particulièrement si le nombre n des fils est grand) en supposant que l'action de chacun des systèmes sur l'armature est la même que si le courant total était concentré sur l'axe du conducteur C. Cela revient à assimiler les deux systèmes de fils à deux tubes concentriques.

Dans ce cas les cœfficients d'induction en vertu des démonstrations précédentes devront être augmentés de $8\pi l K_1 \log \frac{\rho_2}{\rho_1}$ sauf le cœfficient L pour lequel l'inflence de l'armature devient nulle.

Dans bien des cas ces formules peuvent se simplifier pratiquement. En particulier lorsque les fils qui constituent les conducteurs sont de petit diamètre et sont en grand nombre, les moyennes distances géométriques a_1 a_2 et

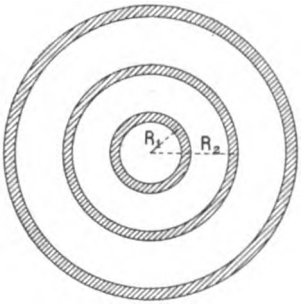


Fig. 3.

$a^{(3,4)}$ sont très approximativement égales à R_1 R_2 et R_3.

Le cas se trouve ramené à celui de deux conducteurs concentriques de petite épaisseur (fig. 3.) Les coefficients d'induction précédents deviennent alors pour un câble armé.

$$L_1 = 2l\left\{\log\frac{2l}{R_1} + 4\pi K_{(1)}\log\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1\right\}$$

$$L_2 = 2l\left\{\log\frac{2l}{R_2} + 4\pi K_{(1)}\log\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1\right\}$$

$$M_{(1\,2)} = 2l\left\{\log\frac{2l}{R_2} + 4\pi K_{(1)}\log\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1\right\}$$

$$L = 2l\left\{\log\frac{R_2}{R_1}\right\}$$

Lorsque le conducteur central, au lieu d'être un tube, est un fil à section circulaire, il suffit pour obtenir les coefficients d'induction, de remplacer dans les expressions précédentes R, par 0,778 r_1 qui représente, comme on sait, la moyenne distance géométrique de tous les éléments d'une surface circulaire de rayon r_1

C. On peut encore envisager le cas où les deux conducteurs sont des tubes épais par rapport à leur rayon (fig. 4). L'expression des coefficients d'induction prend alors une forme plus compliquée, mais peut-être aussi calculée exactement ; on aurait alors (1)

$$\log a_1 = \log R_1'' - \frac{R_1'^2}{(R_1''^2 - R_1'^2)}\log\frac{R_1''}{R_1'} + \frac{1}{4}\frac{3R_1''^2 - R_1'^2}{R_1''^2 - R_1'^2}$$

$\log a_2 =$ idem en remplaçant respectivement R_1'' et R_1' par R_2'' et R_2'

$$\log a_{(1.2)} = \frac{R_2''^2 \log R_2'' - R_2'^2 \log R_2'}{R_2''^2 - R_2'^2}$$

On verra dans une prochaine étude com-

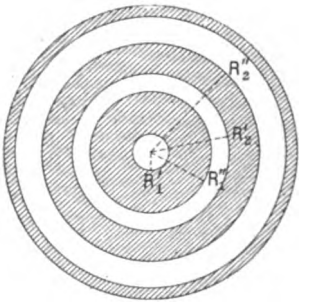


Fig. 4.

ment les considérations théoriques développées dans cette note permettent de rendre compte de quelques expériences faites sur la nouvelle canalisation de l'éclairage électrique à Genève.

Août. — Zurich. Laboratoire d'électricité de l'Ecole Polytechnique.

EUG. GUYE.

(1) Maxwell, t. II, chap. XIII.

Digitized by Google

DÉTAILS DE CONSTRUCTION
DES MACHINES DYNAMOS

Afin de maintenir les contacts du collecteur et d'en égaliser l'usure M. *J. Pease* a proposé récemment, comme on l'a fait souvent, de donner aux balais un mouvement de va et vient sur les collecteurs. A cet effet, il rend (fig. 1 à 3) ces balais solidaires d'un bras *t* guidé sur la tige V, et qui reçoit de la tige *s*, guidée dans

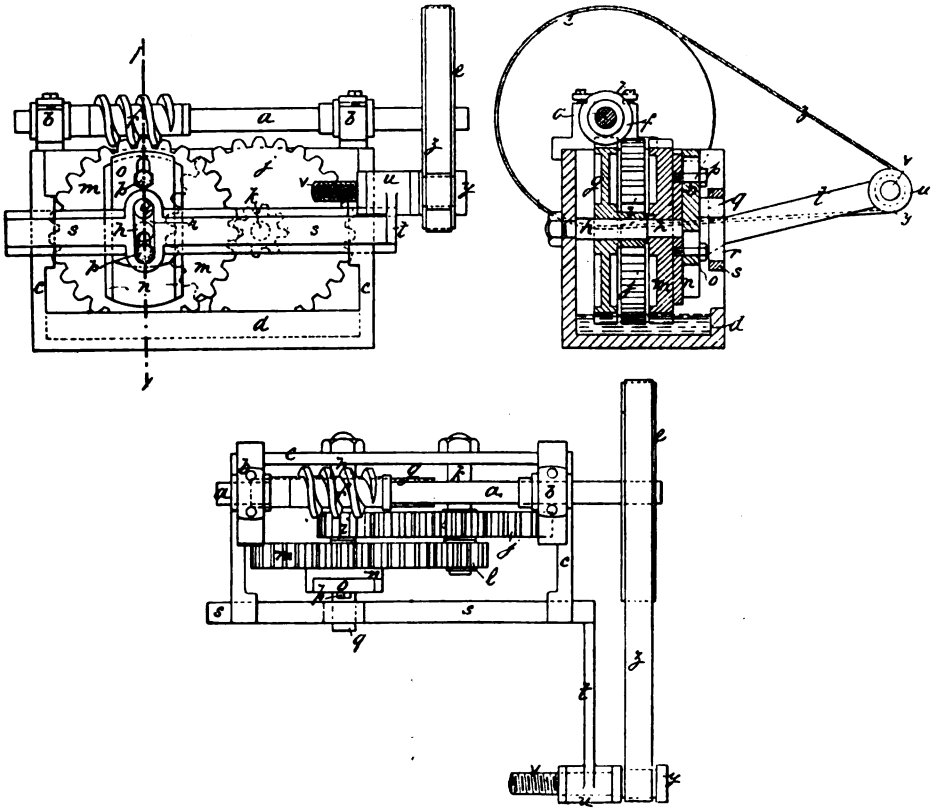


Fig. 1 à 3. — Balais mobiles *Pease* (1893). Elévation plan et coupe 1. — 1.

les chassis fixé *c*, un mouvement de va et vient par le train *a g f i j e m*. Ce train est commandé de l'arbre V, vissé dans celui de la dynamo, par les poulies *y* et *e*, et le rayon de la manivelle *q*, qui commande *s* par sa coulisse h_1 est réglé par la position dans laquelle on fixe, par des boutons *p p*, son plateau *o* dans la coulisse *n* du pignon *m*.

La raboteuse portative de *Hughes* représentée par les figures 4 à 7 a pour objet de permettre de rabotter ou dresser sur place les portées destinées à recevoir les pièces polaires des inducteurs. Ces portées sont indiquées en traits pointillés sur la figure 7.

La bâtis A A de la machine est centré et fixé par les vis B B et ses patins A' A' autour de l'axe de l'armature, dans les portées duquel on passe ses manchons C_2 C_3. L'arbre moteur C de la raboteuse attaque, par les pignons B et B', tournant en sens contraires, leurs manchons D_3 D_2 à pignons E E', en prise avec les crémaillères F et F' des glissières H' H', à porte-outils rabotteurs H H', dont les efforts se neutralisent autour de l'axe C. A chaque fin de course, au retour, une étoile J vient buter sur un toc installé sur A, et détermine ainsi l'avance de l'outil par les vis I, comme dans les raboteuses ordinaires.

Quant au renversement périodique de la

Digitized by Google

rotation de l'arbre C, il se détermine par la butée du taquet M' (figure 6) de l'une des glissieris H' sur les tocs M_3 M_4 de la barre M, coulissée en K'K', et qui commande par R' Q_2 et R_2 Q_3 les fourches des courroies motrices, l'une ouverte, Q, et l'autre croisée, Q', de manière à faire passer alternativement, à chaque fond de course des outils, tantôt l'une puis l'autre de ces courroies sur la partie folle

Westinghouse se compose de deux plateaux 2 et 1_a (fig. 9) l'un calé sur l'arbre 4 de la dynamo et l'autre fixé par des boulons 6 isolés en 7 aux bras du volant 1, calé sur l'arbre du moteur à gaz ou à vapeur 3. Ces deux plateaux sont reliés par des ressorts tangentiels 10, moitié en tension, moitié en compression, articulés par des menottes ou étriers 11 12 aux axes 9 et 5, disposés en étoiles sy-

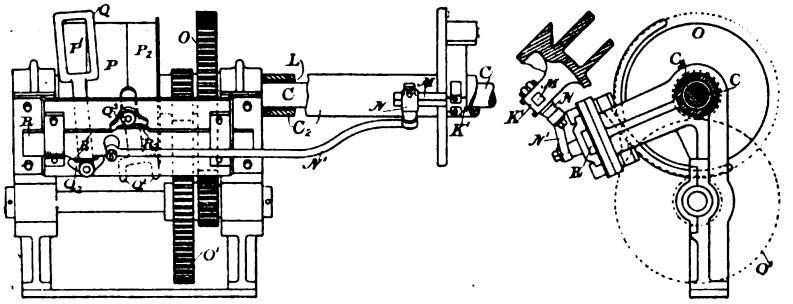


Fig. 4 et 5. — Raboteuse pour inducteurs *Hughes* (General Electric C°). Elévation et vue par bout.

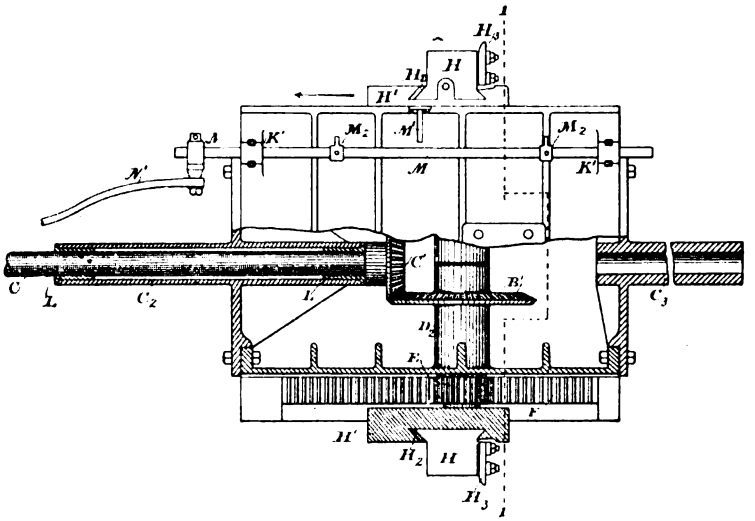


Fig. 6. — Raboteuse *Hughes*. Plan

P, intermédiaire entre les poulies fixes ou motrices P' et P_2, calées sur C.

Après avoir ainsi raboté deux des portées de l'inducteur, on passe aux deux autres portées, en faisant pivoter A de 90° autour de C, et en transférant la tringle M de K' en K.

L'accouplement de commande directe pour dynamos récemment adopté par la Compagnie

métriques sur les manchons 2 et 1_a. Cet accouplement, analogue en principe à ceux de Raffard et de Strong, permet, tout en amortissant les chocs, un certain désaxement des arbres 2 et 3.

Dans la variante représentée par la figure 11, l'accouplement n'est plus réversible, ou rigoureusement symétrique, tous les ressorts y

Digitized by Google

travaillent, suivant le sens du mouvement ou de la résistance, à la traction ou à la compression.

La dynamo multipolaire *Pyke et Harris*, a, comme le savent nos lecteurs, son inducteur constitué (fig. 12) par une seule bobine A, enroulée dans le bloc d'acier ou de fonte B B', pourvu de deux rangées de pièces polaires lamellées (CCC) (C'C'C') fixées par des anneaux de bronze ($c'c'$)(c' c'). Les polarités de C et de C' sont opposées, et c'est entre ces pôles symétriquement alternés que tourne l'armature D, de manière à subir sur ses faces opposées, intérieure et extérieure, des actions magnétiques égales, même si elle n'est pas parfaitement centrée. Son noyau lamellaire crénelé D *d* est boulonné sur une étoile E en bronze, dont l'arbre F porte deux commutateurs : l'un G,

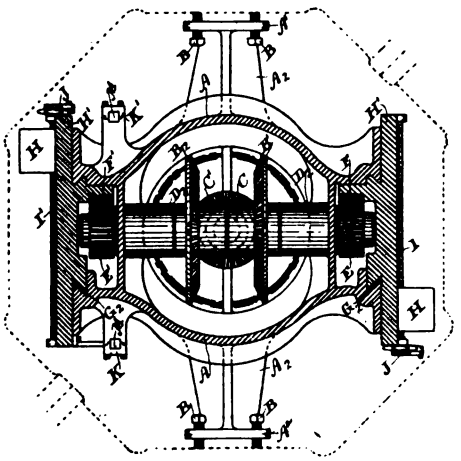


Fig. 7. — Raboteuse *Hughes*. Coupe 1. — 1

pour les courants continus, et l'autre, constitué par deux anneaux collecteurs, pour les courants alternatifs. Ses balais H sont montés sur un chassis *h*, articulé en *i i'* de manière à pouvoir se défiler comme en figure 14 pour permettre le retrait de l'armature.

M. *Waterhouse* régularise sa dynamo par l'emploi d'une dérivation *z* E F_2 *y* (fig. 15) enroulé sur l'un des inducteurs en opposition avec son enroulement en série E, et de résistance exactement déterminée par la force électro-motrice constante des éléments électrolytiques E E, dont les électrodes, qui doivent être inattaquables, sont en platine ou en carbone.

La mise en train pour électromoteurs de G. *Whittingham* fonctionne comme il suit le bras du rhéostat G O étant posé comme en fig. 16 sur sa touche médiane M, à partir de laquelle les résistances décroissent vers les touches extrêmes *k' k'*.

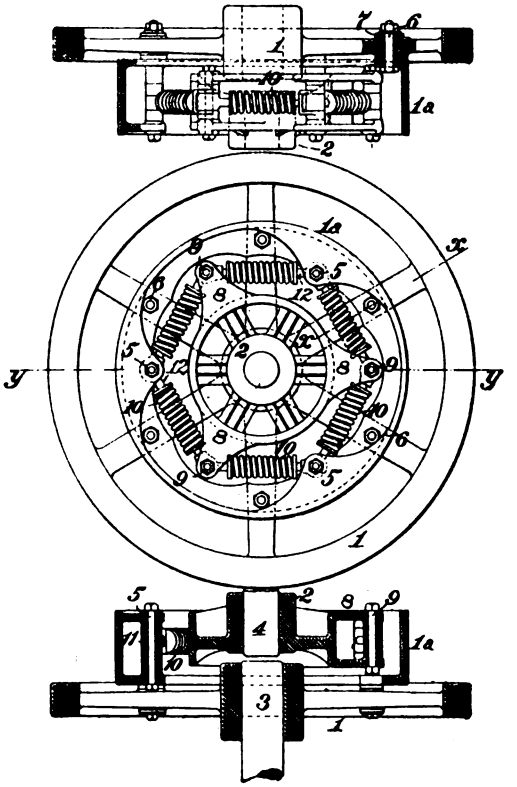


Fig. 8 à 10. — Accouplement élastique réversible *Westinghouse* (1893). Vue de face, coupe *xx yy*.

Dès qu'on relie le moteur à la ligne *l l'*, le courant *y* passe par (*l m* N M R' R' O *m' l'*) avec dérivation par *m n m' n'* aux électros P' P' et H, dont l'armature J', pivotée en *i*, et articulé par le joint tournant J *g'* à l'arbre B *g*, maintient la vis *f* en prise avec *d*, malgré le ressort *h h'*. Cette vis, actionnée par l'arbre B' du moteur B, fait donc passer graduellement, à mesure qu'il démarre, le rhéostat de M. à l'une ou l'autre des touches *k' k'*, suivant le sens de sa marche. Quand il arrive en ce

Digitized by Google

point, la vis *f* sort de la denture *d*, et l'un des électros P' P', attirant le bras du rhéostat, en

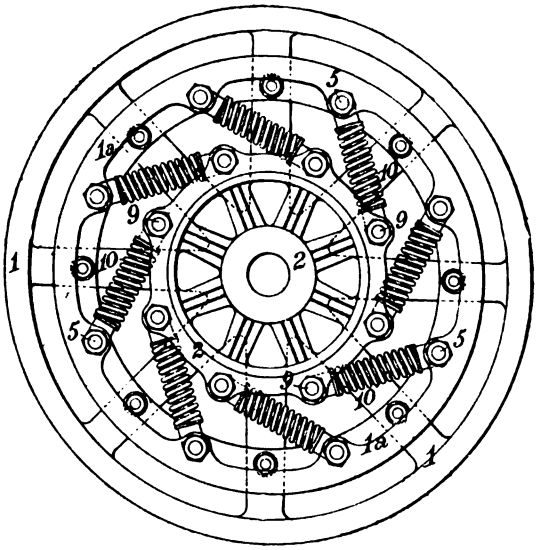


Fig. 11. — Accouplement élastique non réversible *Westinghouse*.

achève la bascule de manière que *f* cesse de frotter sur *d*. Lorsqu'on veut arrêter le moteur, on coupe le circuit *l l'*. Cette rupture désamorce l'électro H, qui, lâchant son armature, laisse *h* séparer *f* de G, lequel reprend sous l'action du poids *w t* la position figurée ou de démarrage.

Dans la variante représentée en fig. 17, le

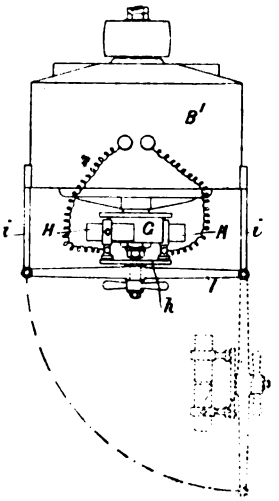


Fig. 14. — Dynamo *Pike et Harris*. Détail du porte-balais.

rhéostat est manœuvré par un petit moteur auxiliaire L, entraîné au départ par une dérivation (M' N' n^2 *m n'*) et qui, dès que N arrive

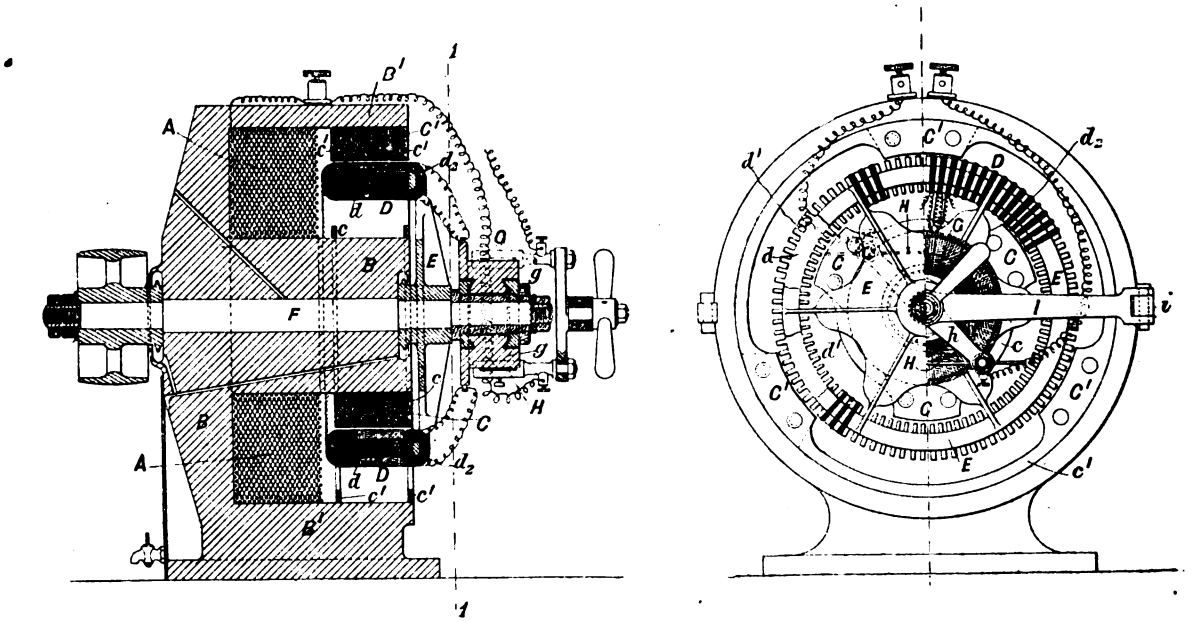


Fig. 12 et 13.— Dynamo *Pike et Harris*. Coupe médiane longitudinale, vue de face et demi-coupe 1.—1.

en *k'*, s'arrête parce que M' quitte alors son contact N'.

Afin d'éviter les étincelles qui se produisent

Digitized by Google

aux balais des alternomoteurs par les courants secondaires induits dans les sections de l'armature mises en court circuit par un balais M' *Kingdon* constitue (fig. 19) les segments des collecteurs par des barraux S séparés par des

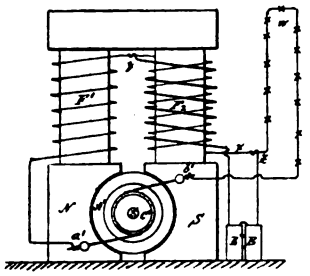


Fig. 15. — Régularisation *Waterhouse* (1893).

isolants de mica relativement épais. Les balais sont formés de deux lames B_1 B_2, séparées par une épaisse fourrure de mica I, plus minces que l'isolant M, de manière à ne jamais pouvoir mettre en court circuit deux segments S successifs, et reliées l'une à l'autre par une résistance assez grande pour atténuer les courants qui s'y induisent au point d'éviter tout danger d'étincelles.

En figure 20, les balais B_1 B_2 sont reliés aux enroulements F_1 et F_2 d'un électro-aimant auxiliaire et les balais B_3 B_4 aux enroulements F_0 F_4 d'un second électro. Les bornes T_1 T_2 de ces enroulements constituent celles même du circuit extérieur. Les courants alternatifs qui passent en F_1 F_2 F_3 F_4 déterminent dans les noyaux de leurs électros des variations du flux magnétique qui induisent dans les enroulements A_1 et A_2 de l'armature des courants secondaires, lesquels, ayant à traverser les résistances de F_1 F_2, sont beaucoup moins intenses que si les enroulements A_1 et A_2 étaient mis en court circuit par la mise en contact simultanée des balais avec les segments 1 et 2 du collecteur et de même pour B_3 et B_4.

En figure 21 les balais reçoivent, par l'intermédiaire des électros F_1 F_2 F_3 F_4, leur courant des deux secondaires d'un transformateur α' primaire P, qui peut être enroulé comme en

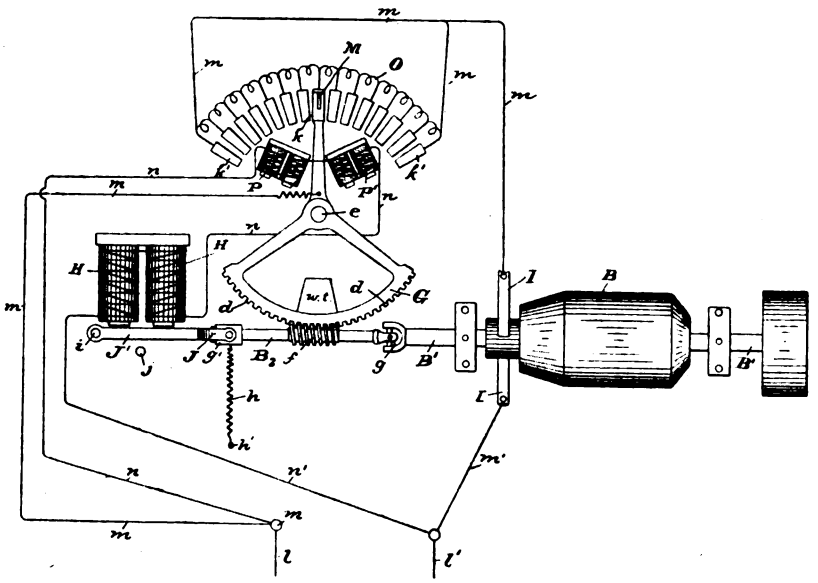


Fig. 16. Mise en train pour électromoteurs *Whitteugham* (1894).

P M M figure 22, sur les inducteurs en opposition avec les secondaires S_1 S_2.

L'alternomoteur *Dahl* reçoit (fig. 23) le courant du transformateur A par un commutateur B_1 toujours fermé sur les contacts 1, 2 et 3, en même temps que tantôt sur 10, 12 et 14, tantôt, comme en pointillés, sur 9, 11 et 13.

Digitized by Google

Le moteur D, supposé bipolaire, a deux enroulements 15 et 16 sur ses inducteurs, et un seul, 17, sur son armature dont l'arbre porte avec l'enroulement inducteur 15 en série sur l'armature, et calculé de manière que la vitesse du moteur dépasse celle du synchronisme. En

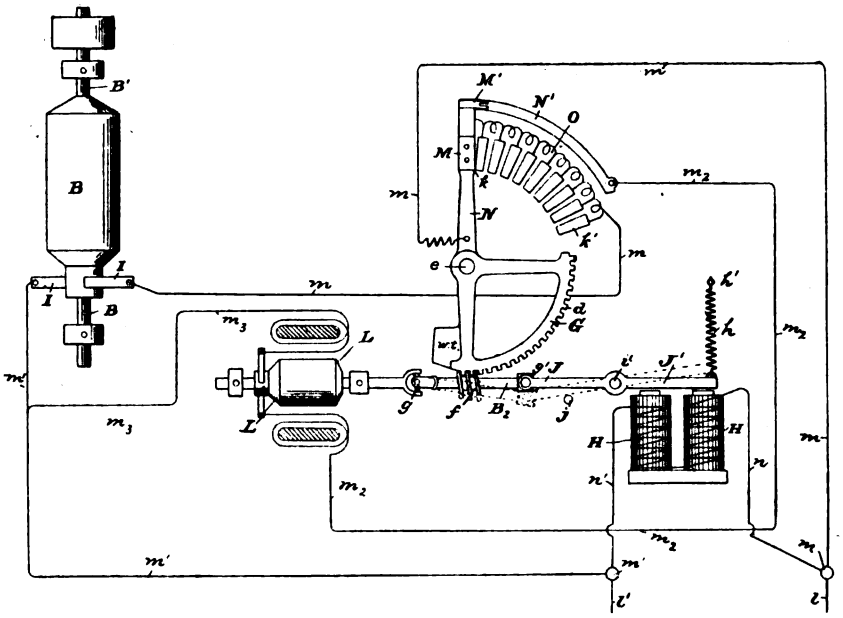


Fig. 17. — Mise en train *Willingham* (Variante).

un commutateur 18 et deux collecteurs 21 et 22, à balais 23 et 24. L'enroulement de l'armature est relié d'une part aux deux parties du commutateur 18, et, de l'autre, aux collecteurs 21 et 22.

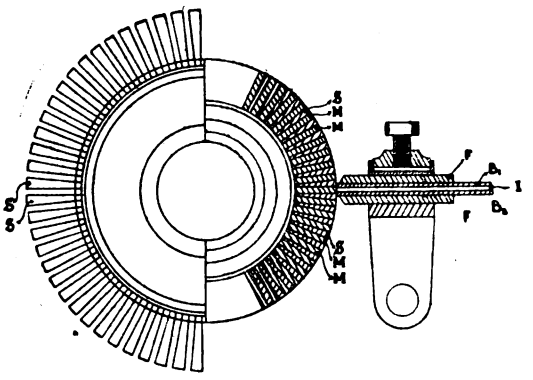


Fig. 8 et 19. —Balais sans étincelles *Kingdon* (1893).

Pour démarrer, on place le commutateur B comme sur la figure 23, de sorte que les courants de A traversent le moteur suivant le trajet (1, *c* 3, 6, *10*, *15*, *20*, *18*, *17*, *19*, *4*, *7*, *14*, *12*, 8, 2) ce moment, on amène B dans la position pointillée, de sorte que le courant traverse le moteur suivant (1, *c* 3, 6, *9*, *24*, *22*, *21*, *23*, *11*,

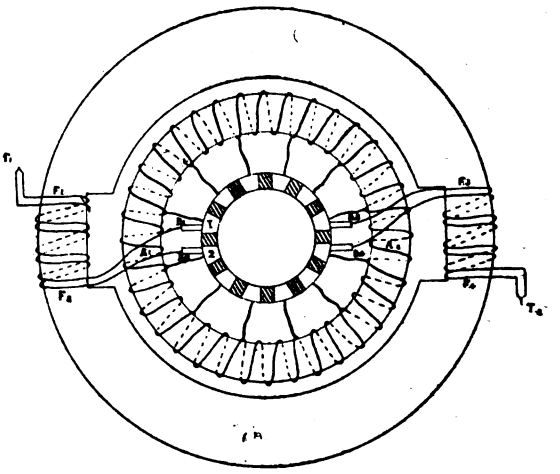


Fig. 20. — Pare-étincelle *Kingdon*.

8, 5, 2) avec une dérivation (19, 4, 7, 13, 16, 20) du courant de l'armature sur 16, de manière à ralentir le moteur jusqu'au synchronisme.

Digitized by Google

La figure 24 représente l'application du système à une dynamo à six pôles. L'enroulement extérieur 46 de l'armature est du type ordinaire à six pôles; l'enroulement intérieur 47 est du type Siemens en navette. Au démarrage les courants suivent le trajet (1, 3, 6, 10, l'inducteur extérieur 45, 49, 46, 20, 4, 7, 14, 12, 8, 5, 2) puis une fois le synchronisme atteint et B amené dans la position

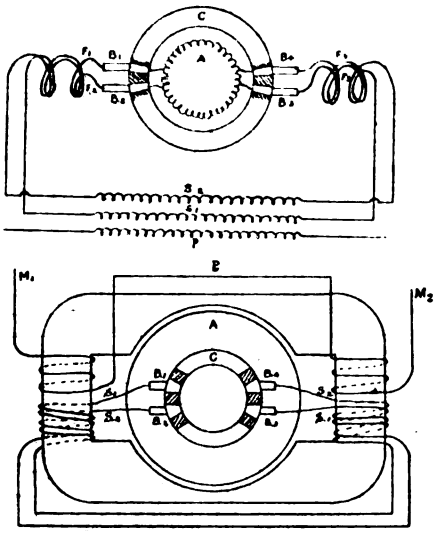


Fig. 21 et 22. — Pare-étincelles *Kingdon*.

pointillée, le trajet (1, 3, 6, 9, 21, 47, 22, 11, 8, 5, 2) avec dérivation des courants de l'armature sur l'enroulement intérieur de l'inducteur par (19, 13, 7, 4, 20).

Afin de rafraîchir ses transformateurs M. *Elihu Thomson* loge leurs enroulements

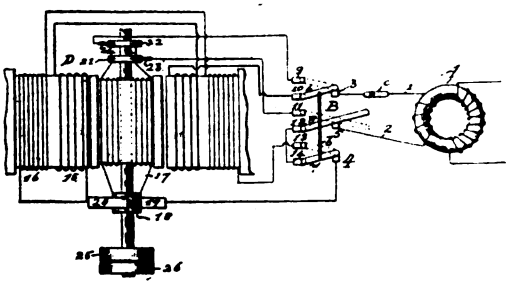


Fig. 23. — Alternomoteur bipolaire *Dahl*.

dans une enveloppe en cuivre C (fig 25) en deux parties assemblées en D par joints isolés L et boulons aussi isolés B (fig. 29), et parcourue, de *a* en *b*, par une circulation d'huile P. P', au travers d'un réfrigérant R à radiateurs R'.

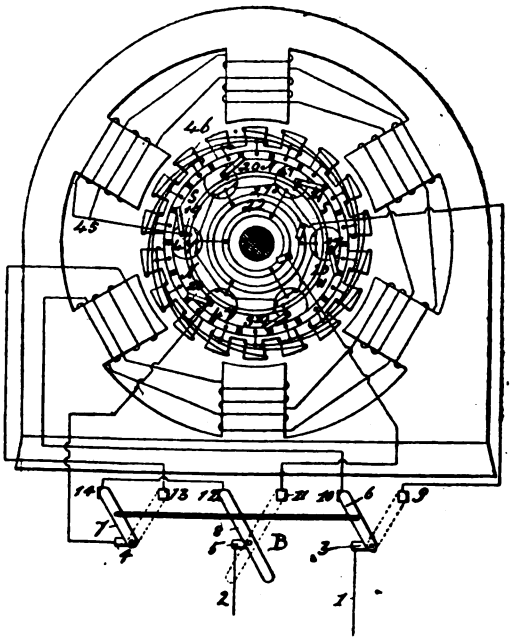


Fig. 24. — Alternomoteur à six pôles *Dahl*.

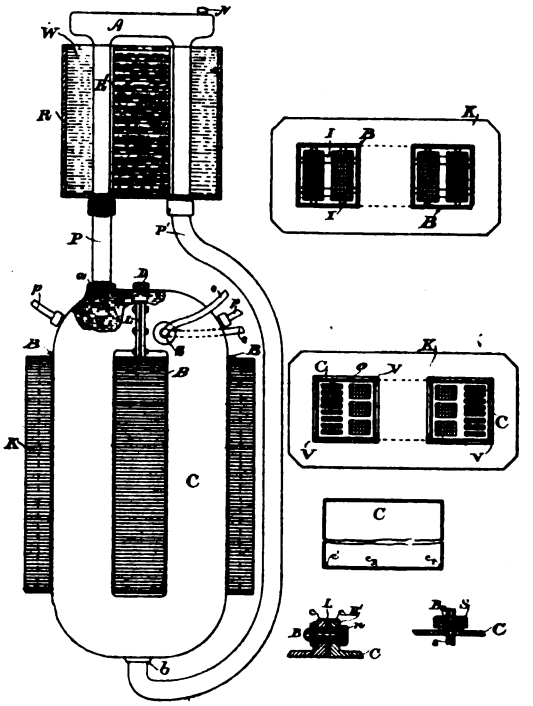


Fig. 25 à 30. — Transformateur refroidi. *Elihu Thomson* (1894).

Le remplissage se fait N, par la capacité A, réservée pour la dilatation de l'huile. Les en-

Digitized by Google

roulements sont isolés dans C par des tasseaux I, et le noyau lamellaire K est isolé de C par du papier ou par les cornières V et les espaces vides O. Le fil primaire entre et sort de C en *p. p.* et le secondaire sort en *s*, au travers d'une garniture S, à caoutchouc comprimé B_2.

En figure 31 le transformateur T est plongé dans une bache C, à circulation d'eau ou d'air P. P' P_2, refroidie en R, alimentée par un ventilateur B ou par une pompe piston F, commandée par une dynamo M. S. S, actionnée par l'alternateur G de manière que sa vitesse

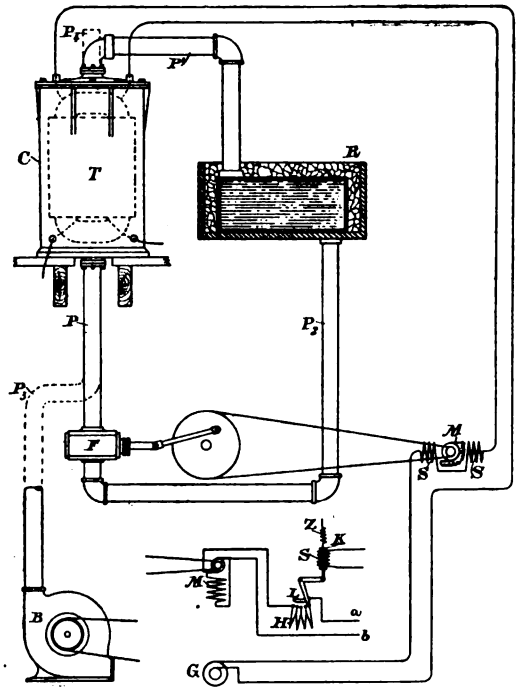


Fig. 31 et 32. — Transformateur refroidi *Moody* (1894) (General Electric Cº).

augmente avec l'intensité même du courant envoyé par C au transformateur. Ce moteur peut être aussi comme en figure 32 actionné par un circuit quelconque *a b*, avec rhéostat L, commandé par un solénoïde S en circuit sur le transformateur.

Le commutateur de *Bertram et Johnstone* représenté par les figures 32 à 34 a pour objet de mettre en jeu, dans une distribution par transformateurs, et aux sous-stations, les transformateurs en nombres variables suivant les besoins du service.

Dans la position figurée pour G et le commutateur A, le petit transformateur F est alimenté par le courant primaire qui passe par 1. p_1 2 et 3 ; pour remplacer F par le grand transformateur F', on renverse G de manière que le courant primaire passe par 4 p_2 5 et 3, et le courant du secondaire S_2 de F' passe, par la dérivation 10, 9 D_2 v 7 6, au solénoïde B_2 qui, attirant son armature b_2, fait basculer A de manière à rompre les contacts au mercure C_1 C_2 et à les fermer en C_3 C_4 ; en même temps

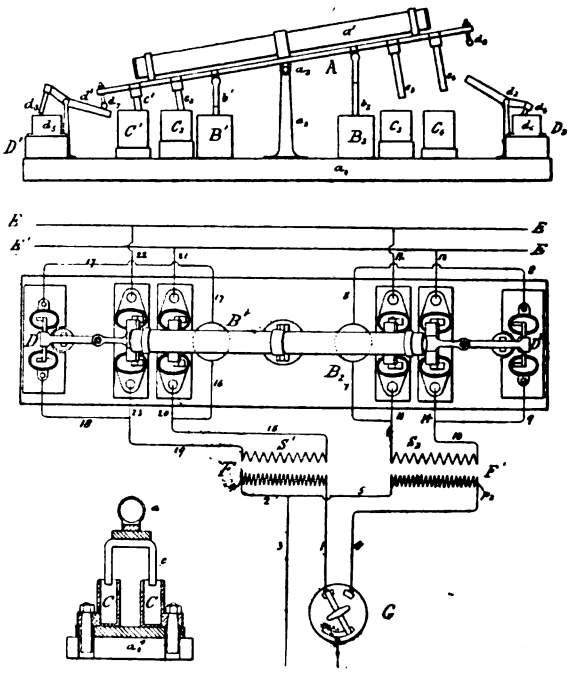


Fig. 32 à 34 — Commutateur *Bertram et Johnstone* (1893)

la butée d_8 rompt le contact D_2, et d_7 laisse se refermer le contact D', ce qui rompt le circuit de B_2. Le bras A reste dans cette position, maintenu par le contre-poids en mercure du tube a'. Le courant de S_2 passe alors, par 10, 14 C_4 c_4 13 E, E, C_3 c_3 11 et 6, au circuit extérieur E E'.

Lorsque le travail de ce circuit diminue, on remplace F' par F, en ramenant, à la station centrale, G dans la position figurée, de manière à introduire dans le circuit primaire le trans-

Digitized by Google

formateur F', dont le secondaire S' excite, par sa dérivation (15, 16, 17, D, 18, 19) l'électro B_1, qui, ramenant A dans la position figurée, relie S_1 au circuit extérieur E E'.

Gustave RICHARD.

L'ÉLECTRICITÉ

A L'EXPOSITION DE LYON

Nous avons fait connaître par nos deux premiers articles (1) l'organisation du service général de l'élairage et de la force motrice. Il nous reste à parler des installations et appareils électriques appartenant à des exposants particuliers.

Nous commencerons par le tramway électrique du tour du lac qui fonctionne au moyen de l'usine Averly, dont nous avons donné précédemment la description (2) parce que cette station sert en même temps à l éclairage générale d'une partie de l'Exposition. On retrouvera également sur le plan de l'Exposition (fig. 1, page 11) l'itinéraire du tramway Averly, qui fait le tour du lac en formant une sorte de piste allongée mesurant 3876 mètres. Ce circuit fermé est parcouru en 25 minutes environ en tenant compte de tous les arrêts ménagés en cours de route. La ligne, établie avec voie unique et étroite de 0,60 d'écartement, est desservie en temps ordinaire par 8 voitures isolées se succédant à trois minutes d'intervalle. Dans les moments chargés de la journée, on met 12 voitures en marche, en faisant remorquer un second véhicule à une voiture motrice. Chaque voiture contenant 24 places, et les passages du tramway étant très rapprochés, les visiteurs de l'Exposition trouvent là un moyen de locomotion commode et rapide dont ils font grand usage pour se rendre dans les diverses parties du parc et surtout pour aller de la coupole à l'Exposition des colonies.

Le tramway du tour du lac offre beaucoup d'analogie avec le tramway électrique Opéra-Saint-Denis (1), ce qui n'a rien d'étonnant, car les voitures de l'une et l'autre ligne ont été construites par la même maison *Averly*, de Lyon et l'on emploie dans les deux cas le même système de traction, par accumulateurs de la *Société du travail électrique des métaux.*

Les voitures du tramway de l'Exposition de Lyon sont de petits véhicules ouverts à banquettes transversales protégés de la pluie par une simple toiture. Les deux essieux sont montés sur deux petits chariots ou bissels réunis entre eux par une cheville ouvrière permettant le passage dans des courbes de de très faible rayon.

Le moteur électrique de chaque voiture est à l'une de ses extrémités reliée par un ressort au châssis du véhicule tandis que l'autre extrémité prend appui sur l'essieu par l'intermédiaire d'un train d'engrenages à simple réduction placé dans un boîte remplie d'huile. Le moteur, qui porte un inducteur en C, peut développer une puissance mécanique de 5 à 6 chevaux en absorbant 40 ampères environ a la tension de 100 volts.

La batterie d'accumulateurs pèse 1 500 kgs et se compose de 54 éléments divisés en six caisses de 9 éléments. Les éléments, qui ont une capacité de 180 ampères-heures, renferment 13 plaques de 100 × 200 mm placées dans un vase en ébonite. Les accumulateurs sont reliés entre eux par des fils de cuivre réunis par 9 dans une forte caisse en bois portant extérieurement 2 pièces en laiton servant de bornes. Les 6 caisses d'accumulateurs sont logées sous les banquettes et les connexions se trouvent établies par le simple contact des bornes extérieures de la caisse avec des lames en laiton fixées dans le fond du coffre des banquettes.

Les caisses d'accumulateurs sont reliées à

(1) Voyez l'*Eclairage électrique*, 15 et 29 septembre 1894.

(2) Voyez l'*Eclairage électrique*, 29 septembre 1894, page 111.

(1) La *Lumière électrique*, page 251, 6 février 1892.

Digitized by Google

un commutateur placé sur la plateforme d'avant de la voiture et manœuvré par un volant vertical. Ce volant permet au mécanicien de donner à la vitesse du moteur 3 valeurs différentes correspondant aux combinaisons de 2 caisses en tension et 3 en quantité, de 3 caisses en tension et 2 en quantité et enfin de 4 caisses en quantité Sur la plateforme d'avant se trouve également un commutateur inverseur, manœuvré par un bouton poussoir, pour la marche en avant ou la marche en arrière.

Le tramway marche en moyenne à la vitesse de 14 kilom. à l'heure, mais cette vitesse peut être portée facilement à 18 kilom. Les voitures peuvent faire euviron 60 kil. ou 4 heures de service avant d'avoir besoin d'être rechargées. La charge des accumulateurs ainsi que la circulation des voitures ont lieu pendant toute la journée sans aucune interruption, grâce au grand nombre de batteries de rechange, car il y a généralement 24 batteries en charge et seulement 12 batteries en marche. Lorsqu'une voiture a sa batterie épuisée, on enlève ses 6 caisses d'accumulateurs que l'on remplace aussitôt par 6 caisses d'accumulateurs chargés. Cette opération se fait très rapidement parce que les voitures viennent se placer dans le hangar de la station contre les bancs de chargement qui se trouvent à la même hauteur que le fond des coffres des voitures. La face latérale des coffres étant ouverte, il suffit de prendre les caisses d'accumulateurs par leur poignée pour les tirer sur le banc de chargement ou les pousser sous les banquettes.

Sur le banc de charge comme sur les voitures les connexions entre les caisses d'accumulateurs se font d'elles-mêmes par la pression des bornes montées à l'extérieur des boîtes contre des lames de laiton fixées verticalement sur le banc de chargement, de manière à réunir en tension les caisses voisines.

Dans le hangar de la station sont disposés 8 bancs de charge auxquels aboutissent 8 circuits venant du tableau de distribution. Chaque banc alimente 4 groupes reliés en quantité et composés chacun de 6 caisses ou 54 éléments accumulateurs en tension, c'est-à-dire d'une batterie complète. La charge est effectuée au potentiel constant de 130 volts et dure 5 heures environ.

La station centrale à courants alternatifs installée dans la coupole par la maison *Guitton-Bertolus*, de Saint Etienne, concessionnaire en France des appareils de la *Société d'Œrlikon*, est intéressante en ce qu'elle alimente presque exclusivement des moteurs et fournit une preuve tangible de la possibilité d'utiliser industriellement des courants alternatifs monophasés ou polyphasés à la production de l'énergie mécanique.

La machine à vapeur Westinghouse qui donne la force motrice à la station Guitton-Bertolus et fonctionne sans condensation, prend sa vapeur sur la conduite générale servant à l'alimentation des groupes moteurs de la station électrique de la coupole. Cette machine a une puissance de 100 chevaux et tourne à la vitesse angulaire de 300 tours par minute. Elle est accouplée directement à une génératrice triphasée de 50 chevaux et actionne par courroie un alternateur monophasé de 30 chevaux.

La génératrice triphasée à basse tension exposée à Lyon est tout à fait semblable au type créé par les ateliers d'Œrlikon pour l'installation de Lauffen-Heilbronn que nous avons décrite en son temps (1). L'induit, qui est fixe, est formé par une couronne en fer traversée par des barres de cuivre reliées latéralement de 3 en 3, de façon à former 3 circuits ordinaires à courants alternatifs, réunis ensemble par une de leurs extrémités et se terminant à l'autre extrémité par 3 bornes libres. L'inducteur, qui est mobile, se compose d'une série de dents entrecroisées, de polarité alternées, formant enveloppe extérieure à l'induit. Ces dents font corps avec 2 plateaux réunis par une culase intérieure portant une bobine excitatrice uni-

(1) Voyez la *Lumière électrique*, 20 et 27 mai 1893, pages 301 et 370.

Digitized by Google

que recevant un courant continu par 2 balais frottant sur 2 bagues pleines.

Le dynamo Œrlikon à courants alternatifs monophasés possède comme induit un anneau plat en fil de fer avec des échancrures radiales recevant les bobines induites. Sur le même arbre est monté un petit anneau Gramme serçant d'induit à une petite dynamo bipolaire à courant continu dont les inducteurs sont fixés sur le bâti de l'alternateur. L'induit alternatif tourne entre 2 couronnes de bobines fixes dans lesquelles est créé le champ inducteur. La petite dynamo à courant continu fournit le courant d'excitation à la génératrice triphasée en même temps qu'à l'alternateur monophasé. Le courant principal de ce dernier, qui a une tension de 100 volts, est recueilli sur 2 bagues pleines et conduit au tableau de distribution.

L'éclairage de la station génératrice Guiton est produite par des lampes à incandescence alimentées en partie par du courant alternatif monophasé et en partie par des courants triphasés.

Dans l'emplacement de la station génératrice est exposé au repos un transformateur monophasé de 7 kilowalts. On y voit aussi une série de ventilateurs montés sur l'axe de petits moteurs à courant continu prenant leur courant sur le réseau général de distribution. Le branchement de courant continu peut aussi faire marcher une perceuse électrique transportable, représentée sur les figures 6 et 7.

Cet appareil, de forme compacte, se compose d'un chariot monté sur roues et portant un petit moteur d'une puissance de 1,5 cheval que l'on relie par un câble souple à une distribution à courant continu. La vitesse du moteur est réduite au moyen de 2 systèmes d'engrenages dont les rapports sont différents et qui donnent à l'outil une forte ou une faible vitesse. La vitesse peut, en outre, être réglée par un rhéostat à manette fixé sur le charriot. Celui-ci, dont le poids total est de 210 kgs, porte une transmission universelle extensible qui réunit le moteur électrique à la machine à percer représentée sur la figure 7. Le porte-

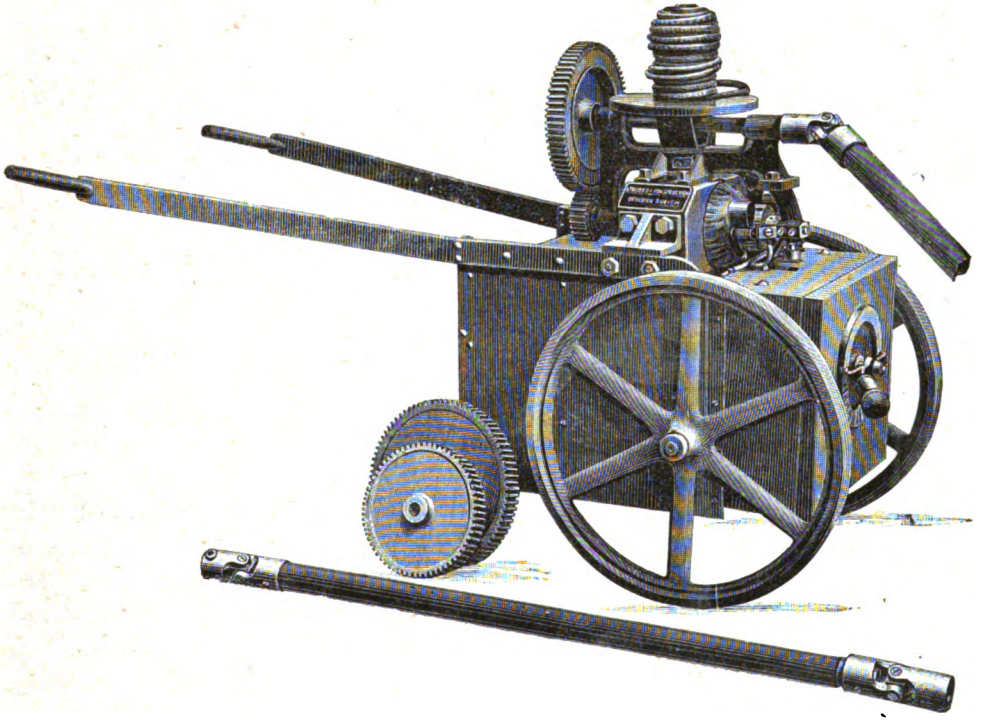


Fig. 6. — Perceuse électrique transportable.

Digitized by Google

outil A de cette machine peut être déplacé dans toutes les directions, et l'on fait avancer la mèche à mesure que le trou se perce en tournant une vis à volant. Un second modèle de perceuse pareil au premier est actionné par nn petit moteur à courant triphasé de 1,5 cheval branché sur le circuit triphasé du tableau de distribution.

Le circuit à courants triphasés peut faire mouvoir un pont roulant de 5 tonnes (fig. 8) installé dans la station génératrice. Les 3 mouvements du pont roulant sont produits par 3 moteurs distincts à induit mobile. Le moteur destiné à la translation n'est pas représenté sur la figure 8. Il est fixé à l'extrémité du pont et reçoit directement les courants triphasés pris

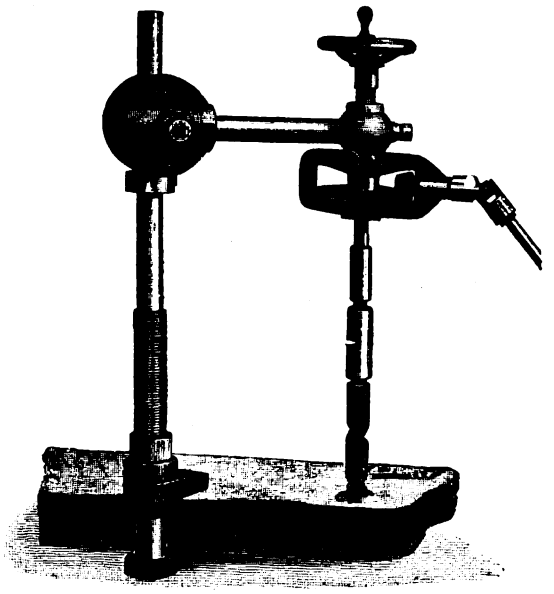


Fig. 7. — Perceuse électrique.

sur la canalisation fixe au moyen de 3 galets frotteurs. Les courants sont amenés aux deux autres moteurs par trois fils reliés au galets frotteurs et tendus sur toute la largeur du pont. Les moteurs servant à la marche transversale et au levage sont placés sur le chariot même du pont et prennent le courant sur la dérivation transversale au moyen de petits galets. Les 3 moteurs sont commandés par des cordes, ce qui augmente encore la simplicité de l'appareil, qui ne porte presque pas d'organes de transmission et dont les moteurs n'ont ni collecteurs ni balais. Les moteurs de translation et de marche transversale ont une puissance de 1 cheval environ et le moteur de levage une puissance de 6 chevaux.

Du tableau de distribution de la station partent deux circuits aériens à 100 volts, desservant exclusivement des moteurs placés chez des exposants en divers points de la coupole. Le premier circuit, qui est à trois fils, est relié à la génératrice à courants polyphasés. Il alimente un grand nombre de petits moteurs dont la puissance varie entre 1,5 et 4 chevaux. Ces appareils qui appartiennent comme ceux du pont roulant à la classe des moteurs asynchrones ou à champ tournant n'ont pas de collecteurs, car l'induit mobile n'est relié à aucun circuit extérieur. Cet induit est formé par un tambour en fer traversé de barres de cuivre constituant un circuit fermé sur lui-même. L'induit tourne à l'intérieur d'une couronne annulaire en fer fixée sur le bâti et portant 3 enroulements distincts aboutissant aux 3 bornes extérieures d'arrivée du courant. L'appareil est protégé extérieurement par une enveloppe en tôle. Ces moteurs se mettent en route très facilement aussitôt qu'on ferme le commutateur du circuit inducteur, et comme les outils qu'ils commandent marchent toujours à vide au moment du démarrage on ne leur a même pas adjoint de rhéostat.

Par contre le moteur triphasé de 24 chevaux qui conduit une machine à glace possède un rhéostat à eau que l'on introduit au moment du démarrage dans le circuit inducteur. L'induit de ce moteur est fermé sur lui-même comme celui des moteurs de quelques chevaux, mais sa construction est un peu différente. La théorie montre que si l'on réunit toutes les barres de l'induit ensemble par une couronne latérale unique certaines parties du tambour induit restent inactives, ce qui a pour effet de diminuer le couple moteur. C'est pourquoi dans les moteurs un peu puissants on réunit en tension, de distance en distance, les barres induites et l'on relie ensuite tous ces

Digitized by Google

circuits en quantité. Ce chevauchement des bobines induites augmente notablement la puissance spécifique du moteur.

Nous avons donné naguère (1) un exposé théorique *sans formules*, de la marche des moteurs asynchrones à courants polyphasés. Nous allons essayer à présent d'expliquer, aussi simplement que possible, le fonctionnement des moteurs asynchrones monophasés, assez difficile à saisir à moins d'entrer dans des considérations théoriques conduisant à de longs calculs.

même quantité, tandis que l'anneau inducteur des moteurs monophasés possède un seul circuit traversé par un courant alternatif ordinaire.

Un moteur asynchrone monophasé se compose donc (fig. 9) d'un tambour portant par exemple 2 bobines isolées AB et CD en court circuit et tournant dans un champ magnétique NS dont la direction est *fixe* mais dont l'intensité *varie* avec le temps suivant une loi sinusoïdale, c'est-à-dire change de sens et devient S'N' après une demi-période. Si le circuit induit

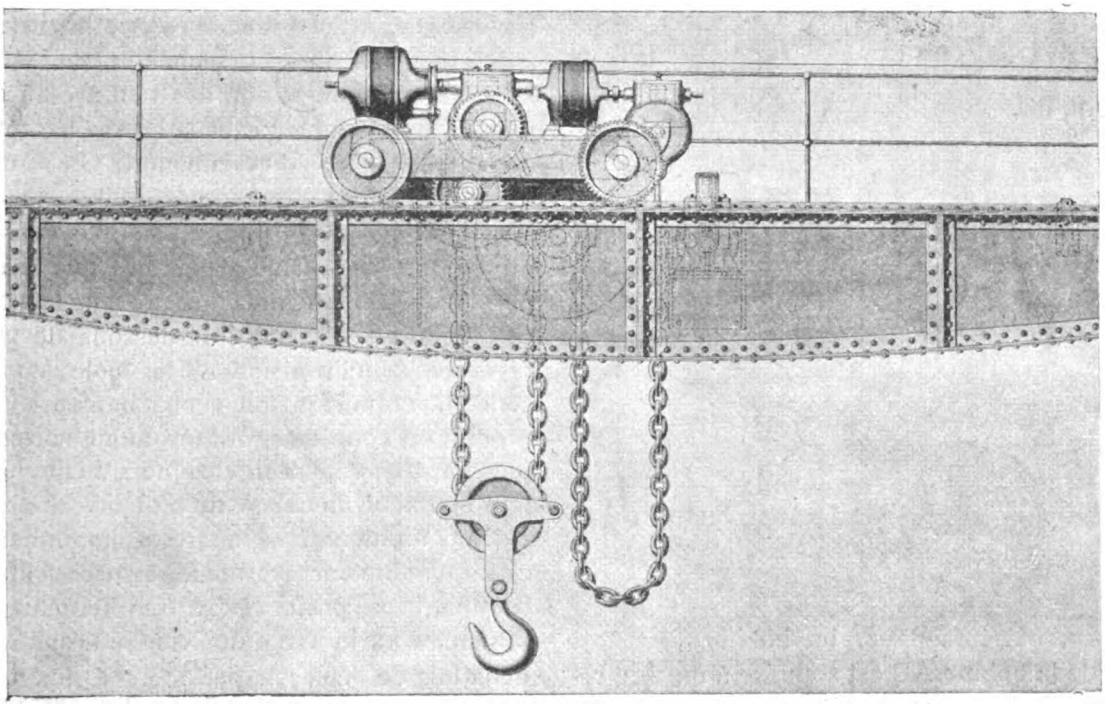


Fig. 8. — Pont roulant électrique de cinq tonnes.

Les moteurs asynchrones monophasés sont semblables aux moteurs asynchrones polyphasés, en ce que leur induit, ordinairement mobile, est fermé sur lui-même sans être relié à aucun circuit extérieur. Mais dans les moteurs polyphasés l'anneau inducteur fixe porte plusieurs circuits, décalés les uns par rapport aux autres sur l'anneau et parcourus par des courants dont les phases sont décalées de la était fixe, il serait soumis à un flux inducteur de valeur variable M sin ωt, ω étant la vitesse de variation du courant alternatif, et l'on se trouverait dans le cas d'un transformateur ordinaire monophasé. D'autre part si le tambour induit tournait dans un champ inducteur NS de valeur constante, comme s'il s'agissait d'une dynamo à courant continu, la bobine AB serait soumise à un flux variable avec le temps suivant la position angulaire α, c'est-à-dire de valeur M cos Ωt. Ω étant la vitesse angulaire du tambour induit. Dans le moteur asynchrone monophasé on trouve les deux variations simultanées de l'intensité du champ in-

(1) Voy. *La Lumière Électrique*, 19 août 1893, p. 308.

Digitized by Google

ducteur et de la position de l'induit, c'est-à-dire que la bobine AB est soumise à un flux, $M \sin \omega t \cos \Omega t$, variable à la fois avec la vitesse de variation ω du courant alternatif et avec la vitesse angulaire Ω de l'induit.

En admettant que la vitesse angulaire Ω de l'induit soit égale à la vitesse ω c'est-à-dire qu'il y ait synchronisme entre la rotation de l'induit et la variation du courant ou du champ inducteur, le flux induit dans la bobine AB devient $M \sin \omega t \cos \omega t$, valeur égale d'après un théorème de trigonométrie à $\frac{M}{2} \sin 2\omega t$. Le flux induit dans la bobine AB variera donc avec le temps suivant une loi sinusoïdale mais avec une vitesse de variation double de celle

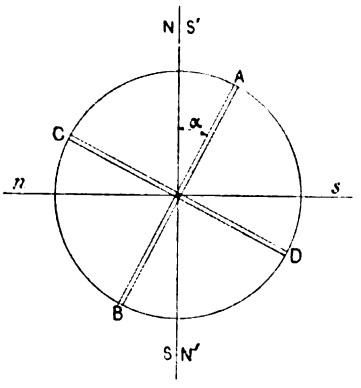


Fig. 9.

du courant inducteur. La bobine ω située à 90° de la bobine AB est soumise à un flux variable de la même manière que celui de la bobine AB mais avec une différence de phase = 90° égale à l'angle de décalage des 2 bobines. D'une manière générale les différentes bobines de l'induit sont soumises à des flux ayant la même vitesse de variation 2ω, mais avec des différences de phases égales aux angles de décalage des bobines. Or, l'on sait que la résultante de plusieurs flux alternatifs décalés de quantité égales à leurs différences de phases est un flux d'intensité constante tournant avec une vitesse égale à la vitesse de variation des flux alternatifs composants. Le champ inducteur fixe sinusoïdal d'un moteur asynchrone sinusoïdal donne donc naissance à un champ induit, tournant en sens contraire de l'induit avec une vitesse 2ω, lorsque l'induit tourne à la vitesse de synchronisme ω.

Le système peut alors être assimilé à un moteur synchrone à courants polyphasés. Dans un appareil de ce genre le champ inducteur produit par un courant continu est fixe et constant. Les courants polyphasés circulant dans l'induit AB, CD donnent naissance à un flux constant tournant avec la vitesse ω de variation des courants polyphasés. L'induit, lorsqu'il est en synchronisme avec les courants polyphasés, tourne lui-même avec cette vitesse ω, mais en sens inverse. Les phénomènes se passent donc comme si l'on avait en présence un aimant inducteur fixe et constant SN et un aimant fictif *ns* fixe et constant. On retombe ainsi dans le cas d'un moteur ordinaire à courant continu produisant un couple constant et toujours de même sens, tant que le synchronisme existe. Mais aussitôt que la vitesse de l'induit se ralentit au-dessous de la vitesse de synchronisme ω, les pôles en présence ne coïncident plus constamment et il se produit un couple négatif qui affaiblit très rapidement la valeur algébrique du couple moteur et amène le calage du moteur.

Dans un moteur asynchrone monophasé le champ inducteur est analogue à un aimant occupant une position fixe SN' NS mais dont l'intensité varie avec une vitesse ω et change deux fois de sens par période. Le flux induit créant, nous l'avons vu, lorsqu'il y a synchronisme, un champ magnétique d'intensité fixe tournant en sens inverse à une vitesse 2ω double de celle de l'induit, produit le même effet qu'un aimant de valeur constante *ns* qui tournerait dans le sens inverse de la rotation de l'induit avec une vitesse $V = 2\omega - \omega = \omega$.

Il est facile de voir sur la fig. 9 que l'aimant tournant *ns* ayant fait une demi-circonférence au moment même où l'aimant fixe S'N' change de sens et devient NS l'action exercée entre les aimants ou couple moteur a une valeur légèrement variable suivant la position de l'aimant tournant, mais toujours de même sens, abso-

Digitized by Google

lument comme dans un moteur synchrone à courants polyphasés.

Par contre tandis que ce dernier appareil ne peut marcher qu'en synchronisme, la vitesse du moteur asynchrone monophasé peut varier dans une certaine limite, sans crainte de calage de l'induit, c'est-à-dire mérite son titre d'asynchrone. En effet si la vitesse de l'induit Ω descend au-dessous de la vitesse ω du courant induit, dans un moteur asynchrone, les flux de force $M \sin \omega t \cos \Omega t$ crées dans les spires de l'induit auront une valeur voisine de $\frac{M}{2} \sin (\omega + \Omega) t$ et les différentes bobines de l'induit donneront naissance à un champ de valeur constante tournant avec une vitesse voisine de la somme des 2 vitesses $\Omega + \omega$. L'induit tournant lui-même en sens contraire du champ tournant avec une vitesse Ω, les choses se passeront comme si l'on avait un aimant fictif *ns* de valeur fixe, tournant avec une vitesse relative voisine de la valeur $V = \Omega + \omega - \Omega = \omega$, c'est-à-dire sensiblement égale à la vitesse de variation ω d'intensité de l'aimant fixe NS S'N'. Par conséquent, le couple aura à peu près la même valeur que précédemment ou du moins ne diminuera que d'une faible quantité pour des variations assez étendues de la vitesse du moteur. Celui-ci sera donc réellement asynchrone de la même manière qu'un moteur à courants polyphasés.

Nous venons de dire que la vitesse de rotation du champ tournant était voisine de $\Omega + \omega$, mais en réalité, dès que le synchronisme est détruit, c'est-à-dire dès que Ω est plus petit que ω, la valeur de $M \sin \omega t \cos \Omega t$ n'est plus exactement équivalente à $\frac{M}{2} \sin (\Omega + \omega) t$, et la vitesse de rotation du champ tournant s'écarte de $\Omega + \omega$ d'une certaine quantité. L'aimant fictif tournant alors à une vitesse relative V différente de ω, il n'y a pas exactement coïncidence entre la rotation de cet aimant fictif *ns* et la variation d'intensité de l'aimant fixe NS, et par suite il y a création d'un certain couple négatif qui doit être retranché du couple principal. Ceci explique pourquoi un moteur asynchrone, dès qu'il cesse de fonctionner à une vitesse synchrone avec le courant inducteur, possède un rendement, s'il est alimenté par un courant monophasé, plus faible que s'il marchait avec des courants polyphasés. Le fait a d'ailleurs été démontré par la théorie mathématique et par l'expérience.

Il est de même très facile de voir pourquoi le même moteur asynchrone donne une puissance moins grande avec un courant monophasé qu'avec des courants polyphasés. Le moteur à courants polyphasés asynchrone équivaut, comme le moteur synchrone, à un aimant inducteur fixe et constant NS et à un aimant induit *ns* de valeur constante. De plus cet aimant *ns* est fixe, c'est-à-dire qu'il agit toujours avec son intensité entière, tandis qu'avec un courant monophasé l'aimant *ns* tournant constamment, a son intensité affectée d'un facteur $\cos \alpha$, variable suivant la position de l'aimant, mais toujours inférieure à l'unité. Donc à intensité magnétique efficace égale de l'aimant inducteur, l'attraction magnétique et par suite le couple moteur seront plus faibles dans le second cas que dans le premier.

Quant au démarrage des moteurs asynchrones monophasés il ne peut pas se faire de lui-même, car au moment où l'induit est au repos, les flux variables créés dans les différentes bobines de l'induit ont pour résultante un champ magnétique d'intensité variable mais occupant toujours la même position que le champ inducteur NS. Dans ces conditions aucun couple moteur ne peut prendre naissance.

En raison de leur infériorité au point de vue du rendement et de la puissance spécifique, les moteurs asynchrones monophasés ne peuvent être employés utilement que pour de faibles puissances. Même dans ce cas ils ont encore l'inconvénient de ne pouvoir démarrer seuls. Il est vrai qu'on peut les mettre en marche en employant des artifices assez simples ou même en les lançant à la main s'il s'agit de tout petits moteurs.

Digitized by Google

C'est le cas par exemple, des moteurs asynchrones monophasés exposés à Lyon par la maison Guitton. Ces appareils se composent d'une couronne fixe, en fer feuilleté, portant un enroulement continu, genre Gramme, réuni à 2 bornes extérieures par 2 fils branchés en deux points diamétralement opposés. Les bornes du circuit inducteur sont reliées directement au réseau de distribution à courant alternatif monophasé de l'usine Guitton. L'induit est construit comme celui des moteurs polyphasés en enfilant des tiges de cuivre reliées toutes entre elles, dans un tambour mobile en fer. Pour mettre en route ces moteurs on leur fait faire quelques tours à vide à la main, puis on les abandonne ; leur vitesse s'accélère aussitôt et atteint rapidement sa valeur normale; la machine-outil peut alors être embrayée. L'arrêt s'effectue simplement en coupant le courant inducteur. Ces petits moteurs peuvent rendre des services à cause de leur simplicité, car ils n'ont ni collecteurs ni balais et sont de construction robuste.

CH. JACQUIN.

(*A suivre.*)

OBSERVATIONS RELATIVES
A TROIS COUPS DE FOUDRE
COMMUNIQUÉS PAR M. LE PROFESSEUR ZENGER

Nous recevons de M. le professeur Zenger la communication de trois notes fort intéressantes, qui viennent à l'appui de sa théorie électrodynamique sur l'origine des trombes et sur les paratonnerres symétriques.

Pour la partie théorique, nous nous contenterons de renvoyer le lecteur aux principales communications qu'il a faites à différentes reprises à l'Académie des sciences de Paris, notamment les 14 octobre 1872, 27 mars, 8 novembre et 6 décembre 1890, et en février 1891.

La Trombe de Modrzice

M. Jean Bernard, administrateur-adjoint de la sucrerie de Modritze en Bohème, a écrit à M. le professeur Zenger une lettre relative à une trombe triple observée le dimanche 24 juin dernier, à 6 heures de l'après-midi.

Dans cette lettre, nous trouvons les détails suivants ; les figures 1 et 2 feront comprendre la position des observateurs par rapport à la trombe.

« Le matin, le ciel était sans nuage et la température très élevée. Vers midi, quelques nuages ont fait leur apparition ; à trois heures, quelques gouttes tombent. Après un quart

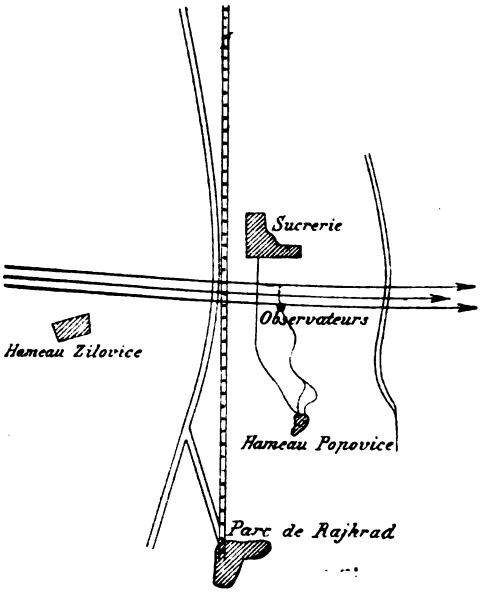


Fig. 1. — Plan.

d'heure, le ciel se découvre presque complètement, et j'en profite pour aller me promener avec trois dames et un jeune homme dans le parc du Rajhrad. En retournant à 6 h. nous avons observé du côté de l'ouest des nuages très tumultueux, mais restant fixés au même point du ciel, dont la couleur était très foncée, gris noirâtre ; sous ces nuages se sont formés de petits nuages isolés, d'une couleur sale bleu foncé, qui se mouvaient rapidement vers le nord. Alors quelques gouttes isolées, mais plus nombreuses que la première fois, commencèrent à tomber de nouveau. Les gros nuages supérieurs n'avaient pas encore bougé, lorsque, à 6 h. 25 minutes, ils commencèrent à tourbillonner et à se mouvoir dans la di-

Digitized by Google

rection horizontale comme une spirale ondulée, avec une vitesse vertigineuse et un terrible fracas dans la direction où nous nous trouvions. Le premier choc fut terrible ; nous fûmes frappés en avant par quelque chose qui descendait sur nous. Puis, nous nous sentîmes frappés à différentes reprises, de tous côtés.

La première sensation était comparable à celle que l'on éprouve en se jetant dans de l'eau à une grande hauteur.

Après le premier choc je passai mes bras autour du groupe des trois dames, afin de les protéger de mon mieux ; quant au jeune homme, il avait été emporté dans la direction de la trombe.

Nous avons tous observé trois spirales parallèles parcourant une longueur égale de trois kilomètres, mais les spirales avaient des diamètres très différents. Outre leur mouvement en spirale, les trombes étaient animées d'un mouvement ondulatoire (fig. 3), et elles entraînaient avec elles d'immenses masses d'eau. De ces masses d'eau des gerbes d'étin-

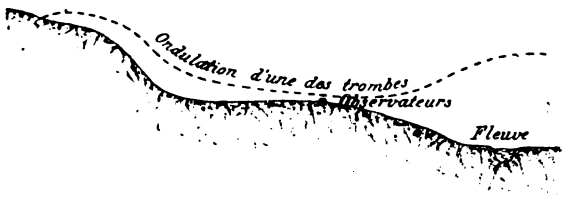


Fig. 2. — Coupe de terrain.

celles électriques en forme de dards, s'échappant qui avaient un diamètre de 2 à 4 centimètres et une longueur de 30 à 50, de manière que le tout avait l'aspect d'un hérisson.

Alors on a vu apparaître à la surface de la trombe des anneaux de lumière électrique, et des fils d'une matière moins lumineuse que les dards. Les flammes étaient si vives que nous étions complètement aveuglés.

Nous avons éprouvé sur la peau du corps entier des sensations douloureuses comme si on coupait l'épiderme avec des fils de fer rougis au feu, mais il ne nous est resté aucune trace de tous ces phénomènes.

De partout on voyait jaillir des éclairs, qui nous rappelaient l'expérience des tubes étincelants qu'en Autriche on appelle les bâtons d'Aron.

Les décharges étaient si fortes que la terre paraissait frémissante, et le bruit était si énorme qu'on ne peut le comparer qu'à celui du sifflet d'une locomotive accompagné de coups de foudre. »

M. Zenger fait suivre cette observation par les remarques suivantes :

Si nous rapprochons cette description des phénomènes observées au milieu d'une trombe par M. Jean Bernard avec celle que nous a donné feu M. le vice-amiral G. Cloué, des phénomènes observés par lui-même, pendant le cyclone éprouvé a bord de la *Belle-Poule* et pendant le cyclone mémorable d'Aden, 1er juin 1885, nous sommes frappés par l'analogie de ces observations et les grands phénomènes électriques sur lesquels insistent M. Cloué et M. Bernard.

M. Cloué dit à la page 65 de son petit ouvrage : « l'Ouragan de Juin 1885, annales hydrographiques 1er sem. 1886 : »

« Mais ces trois causes mécaniques, savoir :

1° L'entraînement inégal de la masse nuageuse dans le courant de la mousson de N.-E ;

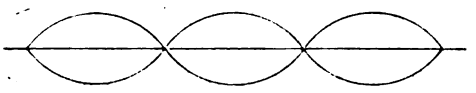


Fig. 3. — Détail de mouvement ondulatoire de 3 trombes

2° La rencontre de deux courants d'air relativement modérés ;

3° Enfin, la différence de vitesse provenant du mouvement de la terre : ces trois causes dis-je, *ne me semblent pas suffisantes* pour expliquer la vitesse extraordinaire de rotation et surtout la vitesse excessive du vent dans l'ouragan.

Tout est excessif dans un ouragan, L'ÉTAT ÉLECTRIQUE, la mer entièrement bouleversée, le vent irrésistible, épouvantable !

J'en puis parler, car je suis témoin d'un de ces grands et dangereux météores, et les quelques détails que je vais donner sur un évè-

Digitized by Google

nement déjà vieux de 39 ans ne sont pas hors de propos.

J'étais de quart sur la frégate la *Belle-Poule* pendant la nuit du 15 au 16 décembre 1846 (jour de la période solaire, le 18 *décembre* et du passage de l'essaim périodique, de Géminides avec le maximum du 11 *au* 12 *décembre*, dont le 15 *au* 16 *décembre* jour de l'ouragan est l'intermédiaire de l'époque), je venais de faire carguer la dernière voile, nous étions au milieu d'une très forte tempête, lorsque tout à coup le vent est devenu vingt fois plus fort, peut-être plus encore.

Je dis, donc que si je comprends les causes mécaniques de giration jusqu'ici, *elles ne m'expliquent pas cette vitesse du vent...* L'extrême violence du vent et les rafales si variables que signalent tous les capitaines, que les filets d'air ne sont pas parallèles entre eux; mais que, semblables aux filets d'eau d'un torrent, *ils se tordent les uns autour des autres.* L'enregistrement automatique du vent par l'anémographe d'Aden en est une autre preuve... N'est-ce pas là la contre-partie de ce que dit M. Bernard, de l'aspect intérieur et de la force du vent et de décharges continuelles d'électricité dans des spires semblant en mouvement ondulatoire. Encore mieux, M. Cloué dit à la page 67 :

Comme dans les tourbillons liquides, ainsi que l'a dit M. Faye, les filets d'air doivent se rapprocher d'un centre en descendant, comme l'indique la dépression barométrique, et en même temps il augmente de vitesse, en sorte que c'est près du centre, là où *il y a accumulation*, que le vent a la plus grande force...

Pendant l'ouragan du 1er juin 1885 (le 1er *juin*, est le jour de la période solaire de M. Zenger, et le 31 *mai* est le jour du passage de l'essaim des bolides), dit le capitaine du navire allemand le *Donar*, le vent était épouvantable, l'eau enlevée par le vent obscurcissait tellement l'atmosphère, qu'on ne pouvait rien voir, et que le ciel et la mer ne formaient qu'une seule masse grise plus épaisse que le nuage le plus épais; *la mer était énorme et embarquait de tous les côtés à la fois. Des éclairs éblouissants sillonnaient l'air dans toutes les directions*, mais on n'entendit pas le tonnerre parce que le fracas de l'ouragan dominait tous les bruits; on eût dit la fin du monde!

N'est-ce pas là une miniature de ces phénomènes grandioses, racontés par M. Cloué et le capitaine allemand du *Donar*, un agrandissement énorme de ces phénomènes décrit par M. Bernard?

Mais qu'est-ce que produit cette vitesse et cette violence du vent, des eaux emportées par le vent?

C'est bien la décharge de l'électricité cosmique d'origine solaire et déchargée par les essaims de météorites et de bolides dans notre atmosphère. Car on sait bien que les corps célestes circulent dans des orbites très excentriques, dans des orbites cométaires autour du soleil. On sait que l'espace interplanétaire es- à température très basse, 400° C, du moins d'après Pouillet.

A ces températures excessivement basses, tous les corps deviennent bons conducteurs de l'électricité, et dans le vide plus ou moins absolu, les pertes d'électricité deviennent zéro en marche à travers l'espace céleste. Mais si ces nuages des corpuscules cosmiques frappent l'atmosphère torréfié, ou leur approchent assez, il doit avoir lieu de puissantes décharges de deux corps cosmiques, dont le potentiel électrique doit être très différent ; c'est grâce au potentiel électrique énorme au voisinage de leur périhélie, ou aux pertes du potentiel électrique, quand ils sont de retour de leur aphélie, que s'établissent ces décharges puissantes électriques, entre la terre et l'essaim de corps cosmiques.

Les effets lumineux s'expliquent alors plutôt par la décharge électrique, que par la hausse de température à cause du frottement dans les couches d'air. Or, on n'observe jamais une fusion complète, mais plutôt une faible croûte fondue, comme nous l'observons au bout de deux fils épais de métaux réfractaires,

Digitized by Google

quand l'arc électrique se forme entre leurs bouts.

Mais j'ai montré (comptes rendus de l'Académie 20 et 27 août 1894) que toute décharge électrique produit des mouvements tourbillonnaires très puissants; le vent électrique au bout des pôles d'une machine électrique, le mouvement ondulatoire du volant électrique et les traces de décharges électriques dans l'espace rempli de vapeurs, et des poussières en sont les témoins classiques.

C'est donc la transformation de l'énergie électrique en effets mécaniques, qui nous explique ces grands phénomènes de la nature.

Le coup de foudre de Klosterledel en Bohême

L'observation a été communiquée au professeur Zenger par M. Teichner, chimiste, employé à la manufacture du comte Thun. La catastrophe est arrivée le 19 avril, pendant un très fort orage.

Une maison d'ouvriers a été frappée par la foudre sans qu'il y ait eu d'incendie. L'édifice a 24 mètres de long, il est couvert d'ardoises. Il n'y a qu'un étage à huit pièces, avec une cuisine, et le rez-de-chaussée offre la répétition de la même distribution.

La maison est éloignée de 50 mètres d'un atelier de tourneur muni de quatre tiges de paratonnerre, et à 60 mètres de la chaufferie de vapeur pour les machines. La cheminée a 30 mètres de hauteur.

Le fluide est entré par le toit en pratiquant trois ouvertures à travers les plaques de zinc qui recouvrent la partie la plus élevée du toit; ces ouvertures ont un diamètre de deux centimètres, et les bords tout mâchurés comme dans l'expérience du perce-carte.

Un ouvrier entouré de ses dix enfants et de sa femme a été tué instantanément, et un des enfants a été grièvement blessé. En outre, dans cinq parties différentes de la même maison, cinq personnes ont été plus ou moins directement atteintes. Au nombre des victimes se trouve un facteur, qui était debout dans la porte de communication entre la chambre et la cuisine, de manière que sa tête était à une distance de 30 centimètres d'une cage contenant un oiseau. Ce qui est très intéressant, c'est que le fluide, atteignant le facteur à l'occiput et lui brûlant les cheveux, lui a tracé des figures fulgurantes sur tout le corps. Les médecins ont déclaré qu'il est très rare qu'un individu portant sur le corps des figures aussi nombreuses et aussi bien dessinées en réchappe.

Quant à l'oiseau, il n'a montré aucune trace d'inquiétude ou de peur. Au contraire, il a continué à se mouvoir gaiement et à chanter comme d'ordinaire. Mais ce n'est pas tout, le même effet s'est reproduit au rez-de-chaussée. La foudre a traversé le plafond et s'est précipitée sur une armoire qu'elle a détruit en partie, mais elle a respecté une seconde cage contenant un oiseau, puis elle, s'est précipitée sur un ouvrier qu'elle a tué en l'atteignant à la rate. Comme le premier, cet oiseau n'a montré aucune trace de peur.

M. Zenger ajoute :

« j'ai publié mon système des parafoudres symétriques à plusieurs reprises, dans les comptes rendus, séance du 14 oct. 1872, et dans les comptes rendus du Congrès de l'Association britannique de 1873, sur l'action de conducteurs disposés symétriquement autour d'un électroscope. Or ces deux cages d'oiseau en fil de fer, frappés par la foudre sans gêner au moindre les oiseaux y contenus, ne sont-elles pas les épreuves les plus concluantes de l'immunité contre la foudre de tout corps, qui se trouve à l'intérieur d'une cage métallique? N'est-il pas évident, que l'homme qui se trouve à l'intérieur d'une maison, encagée entre quatre conducteurs assez forts pour n'être pas fondus par la décharge électrique, disposés sur les quatre bords de l'édifice et réunis avec la terre bon conducteur doivent être protégés absolument de la décharge et des effets d'induction électrique. »

Le coup de foudre de l'Académie

Ce coup de foudre a éclaté à Prague, pendant un violent orage qui a commencé à

Digitized by Google

9 h. 1/2 du soir, le 20 mai, jour de la période solaire.

A ce moment on a vu un cylindre lumineux, mal défini, descendre d'un nuage et donner naissance à des éclairs simultanés. L'un est tombé sur un poteau en fer soutenant les fils téléphoniques qu'il a brûlés. Un autre a atteint la coupole de l'Académie des sciences, qui est le point culminant de toute la ville. Le fluide a suivi la tige du paratonnerre qui est de construction ordinaire, et a donné une lueur si vive, que dans la photographie on voit l'ombre de la coupole sur le ciel, à côté de la coupole elle-même (figure 4).

C'est le phénomène analogue à l'auréole des aéronautes, seulement formée par la lumière électrique.

On voit dans la photographie (fig. 4) les mêmes phénomènes de rétrécissement et de

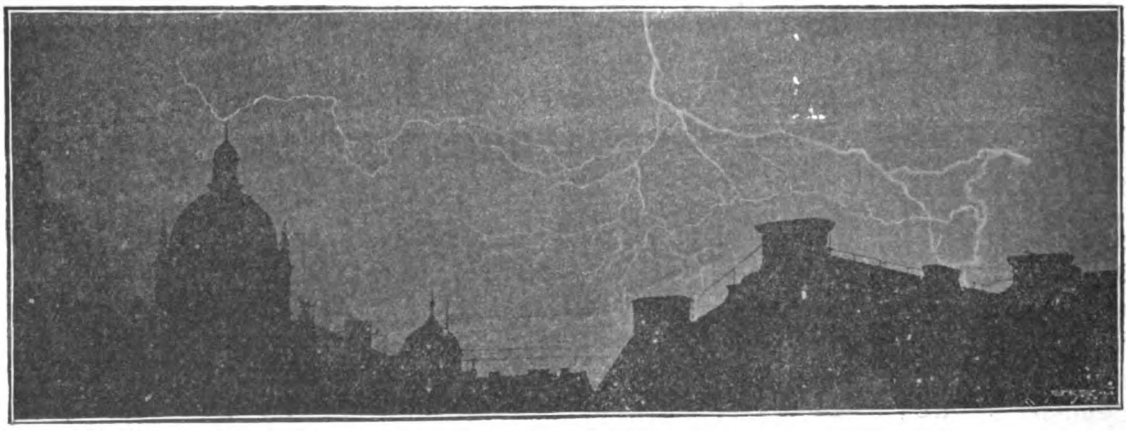


Fig. 4.

changement brusque du chemin, et de recourbement en spires ou en courbes irrégulières de l'éclair sur soi-même, qui ont été observé si souvent sur les trombes atmosphériques et sur les trombes d'eau et des cyclones.

Or, les filets d'air humides traversés par la décharge d'électricité atmosphérique, doivent réagir l'une sur l'autre, comme des fils minces mobiles, métalliques et élastiques parcourus par de puissants courants électriques, rapprochés beaucoup l'un à l'autre.

W. DE FONVIELLE.

EXTRAITS

DE LA PRESSE INDUSTRIELLE

COMMUNICATIONS

Sur les courbes de la force électromotrice et du courant des différents types d'alternateurs et leur influence sur la puissance lumineuse des lampes à arc, par G. Rœssler et W. Wedding (1).

Dans les stations à courants alternatifs, on a fréquemment observé que des lampes à arc, réglées avec le plus grand soin chez le constructeur, devaient recevoir un nouveau réglage une fois installées pour brûler tranquillement avec la même tension et le même courant. La cause de ce phénomène réside, ainsi qu'on l'a reconnu, dans les différences entre les courbes du potentiel périodique des machines ayant servi à l'essai et de celles qui alimentent les arcs une fois installés. Si ces courbes diffèrent notablement, comme celà peut être le cas lorsque les dynamos et les lampes ne proviennent pas du même constructeur, il peut même arriver qu'une lampe bien réglée à l'essai ne puisse fonctionner régulièrement lorsqu'on l'alimente à l'aide d'une machine différente. Ce fait nécessite, dans la construction d'alternateurs pour lampes à arc,

(1) Communication faite à la Société des électriciens d'Allemagne, d'après *The Electrician*.

Digitized by Google

que l'on cherche à produire toujours une forme bien définie de la courbe de force électromotrice.

Deux conditions doivent déterminer le choix de cette forme. En premier lieu, comment fonctionne la lampe? Et en second lieu, quelle en est la puissance lumineuse lorsque le courant qui l'alimente présente différentes formes dans ses courbes de potentiel et d'intensité? Ces questions ne peuvent être résolues qu'expérimentalement par des observations électriques et photométriques simultanées sur des machines et des lampes actuellement en usage. Les auteurs ont entrepris des recherches de ce genre au laboratoire électro-technique de l'Ecole technique supérieure de Berlin. La partie électrique est l'œuvre de M. Rössler, et la partie photométrique est due à M. Wedding.

I. — Partie électrique.

Trois machines étaient disponibles pour ces expériences, une machine Ganz de 5,5 kilowatts, à quatre pôles, avec armature en croix

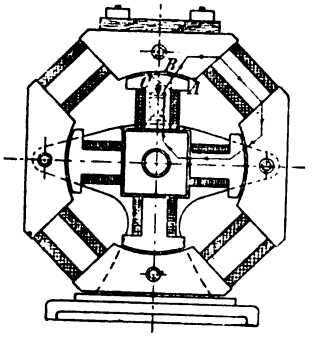


Fig. 1.

(fig. 1); une petite machine Wechsler de 480 watts, avec quatre pôles inducteurs de chaque côté de l'armature tournante (fig. 2); et enfin, une machine Siemens et Halske, à 12 pôles, construite pour la préparation de l'ozone (fig. 3) La lampe à arc employée est d'un excellent type de la maison Kœrting et Mathiesen.

La détermination des courbes du potentiel et du courant a été effectuée par la méthode décrite en principe par Joubert dans ses recherches classiques sur une machine Siemens, en 1881; une borne d'un voltmètre est reliée à une des bornes de la lampe à arc, tandis que les bornes libres du voltmètre et de la lampe sont reliées entre elles une fois par tour à un moment déterminé de la période.

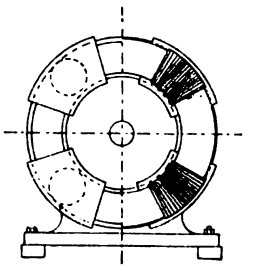


Fig. 2 *a*.

Après étalonnage du voltmètre, on peut mesurer la différence de potentiel pour chaque position de l'armature, et le courant est mesuré par la chûte de potentiel dans une résistance connue et sans induction.

Dans notre cas, le contact momentané était produit comme suit (fig. 4) : Une pièce de contact A, fixée à la périphérie d'une bague isolante qui tourne avec l'arbre, était reliée d'une façon permanente avec l'anneau de cuivre plat C et avec le balai D, et touchait une

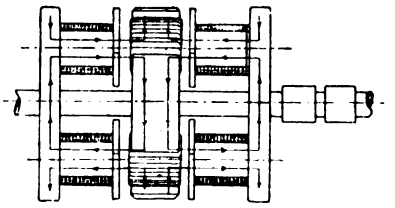


Fig. 2 *bis*.

fois par tour le balai B qui, porté par un porte-balai, isolé E, pouvait être tourné autour du disque divisé F. B est constamment en communication avec une borne du voltmètre, D avec une borne de la lampe ou de la résistance; B pouvait être relié avec D à un point déterminé quelconque de la période, en faisant mouvoir le porte-balai curseur E sur le disque.

Pour la pratique des observations, la construction mécanique du contact A B est de la

Digitized by Google

plus grande importance, et peut facilement devenir une source d'erreurs et de perte de temps. La substance connue sous le nom de « stabilité », récemment mise dans le commerce par la Société générale d'électricité de Berlin, a servi à la construction de la bague isolante, à cause de ses excellentes propriétés isolantes, et sa surface prit rapidement un très beau poli sous le frottement du balai B.

Les mesures ont été faites avec un électromètre de Carpentier, qui est apériodique parce

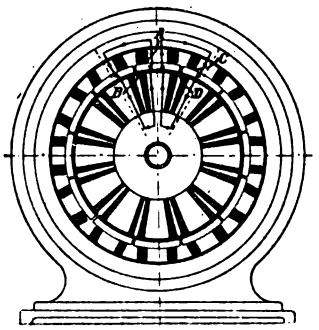


Fig. 3.

que l'aiguille est suspendue dans un champ magnétique intense. Pour éviter des variations dans les indications de l'électromètre, il fut placé en dérivation sur un condensateur d'un microfarad. Les décharges qui se produisent par suite de défauts d'isolement lorsque le con-

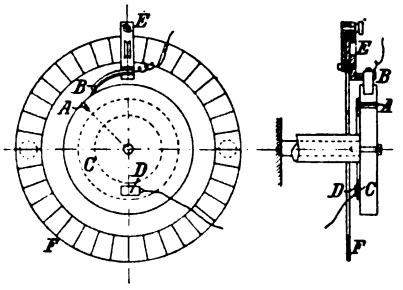


Fig. 4.

tact A B se rompt, n'affectent pas sensiblement la différence de potentiel d'un condensateur de cette capacité ; et, de même, le condensateur amortit toutes les irrégularités des machines motrices.

Le mode de montage de l'électromètre est indiqué par la figure 5. Une paire de quadrants est reliée à l'aiguille et à une borne du voltage à mesurer, l'autre paire communiquant avec la seconde borne. Le couple de torsion des forces électriques est alors proportionnel en carré de la différence de potentiel. Et puisque dans l'instrument Carpentier la force antagoniste est fournie par la torsion de la suspension, et que cette force est proportionnelle à l'angle de torsion, l'angle de déviation est proportionnel au carré de la différence de potentiel.

Les mesures de petites tensions sont donc

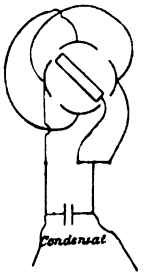


Fig. 5.

les moins sensibles, et la limite inférieure des lectures était d'environ 20 volts. Pour la détermination de différences de potentiel plus

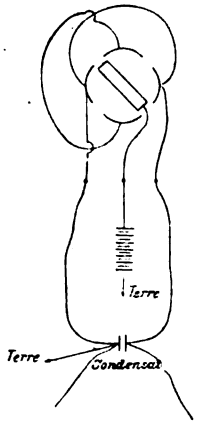


Fig. 6.

petites, l'aiguille était chargée séparément, comme le montre la figure 6, à environ 100 volts.

La déviation est alors proportionnelle à la différence de potentiel entre les paires de quadrants : 1 volt donnait 20 millimètres de déviation. Des dispositifs commutateurs spé-

Digitized by Google

ciaux permettaient de changer le montage à tout moment, et de décharger l'électromètre et le condensateur.

Dans l'étalonnage de l'électromètre, différents points importants sont à noter. Le couple de torsion du fil de suspension dépend de la température, et par conséquent aussi la constante de l'instrument. Comme l'axe de rotation de l'aiguille est invariable par construction, on atteint rarement une position complètement symétrique de l'aiguille par rapport aux quadrants. Cela présente l'inconvénient que l'aiguille chargée à 100 volts, comme dans la figure 6, prend une certaine déviation. Pour éviter les difficultés que donnerait la théorie de l'instrument, on s'est contenté d'étalonner l'instrument empiriquement sur toute l'étendue de son échelle, et cet étalonnage a été répété avant chaque série de lectures. Un moyen commode pour effectuer ces opérations consiste dans l'emploi d'un condensateur de Feussner avec la pile-étalon Clark, et une batterie de 100 volts de petits accumulateurs Pollak. On sait qu'il est facile de produire dans le circuit principal de ce compensateur, de faibles courants comme 0,1 ampère avec la plus grande exactitude (1).

La charge ne se produisant que pendant une partie très courte de la durée entière de la période, il est nécessaire de faire l'étalonnage en appliquant une différence de potentiel comme au même contact tournant, pour reproduire exactement les conditions expérimentales. Hopkinson et d'autres ont discuté les qualités de certains instruments au point de vue de ces mesures, mais une graduation empirique de ce genre élimine immédiatement toutes les particularités dont il aurait fallu tenir compte pour chaque instrument.

En dehors de l'électromètre les instruments suivants étaient intercalés (fig. 7) :

I. Un voltmètre Cardew en dérivation sur la lampe CD;

II. Une balance électrodynamique de Thomson mesurant de 0,1 à 10 ampères;

III. Un ampéremètre Schuckert pour courants alternatifs;

IV. Un wattmètre Ganz.

La résistance non-inductive Y était employée avec l'électromètre pour la détermination de la courbe d'intensité. Les instruments I et III la racine carrée des carrés moyens du

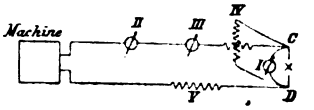


Fig. 7.

voltage et de l'intensité; le wattmètre IV donnait la puissance. La balance de Thomson ne servait qu'à régler la lampe, l'ampère-mètre Schuckert servant à maintenir le courant constant.

Les mesures avec l'électromètre n'étaient effectuées que lorsqu'on avait annoncé par des signaux que la lampe fonctionnait normalement. Comme la régulation se fait par sauts brusques, l'indication de l'électromètre n'était pas constante, et on a dû faire dix observa-

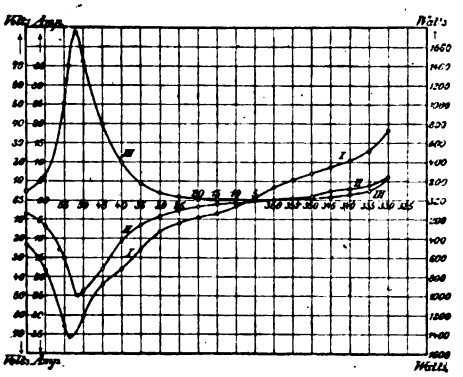


Fig. 8.

tions de l'intensité et du voltage pour chaque époque de la période. En tout, il a été pris, pendant que se faisaient les mesures photométriques, 4 paires de courbes (courant et volts) pour la machine Ganz et 2 paires pour chacune des autres machines; mais comme ces courbes sont parfaitement concordantes, il suffit d'en former une série pour chaque machine. Les

(1) Cet appareil a été décrit dans *Zeitschrift fuer Instrumentenkunde*, d'avril 1890.

Digitized by Google

valeurs graphiquement représentées dans les figures 8, 9 et 10 sont pour chaque machine celles de la dernière série d'observations.

Discussion des résultats. — La variation périodique des grandeurs électriques offre des caractères très différents dans les trois machines. La machine Ganz présente une onde rapidement croissante et aussi vite décroissante, et conserve pour une grande partie de la période des ordonnées assez faibles, de sorte que la valeur de la puissance fournie à la lampe (courbe III), est très petite de 35° à 335°, et l'alimentation de produit presque entièrement entre les limites de 35° et 65°. La lampe reçoit donc son énergie sous la forme d'une impulsion ne durant que le tiers du temps total.

L'inverse se produit pour la machine Siemens. Ici la puissance monte très lentement vers une valeur maxima, qu'elle conserve pendant un certain temps, puis elle s'abaisse légèrement, remonte un peu plus brusquement vers une valeur plus élevée encore, et tombe ensuite rapidement à zéro. La courbe du courant est encore plus régulière, l'intensité restant constante pendant plus de la moitié d'une demi-période.

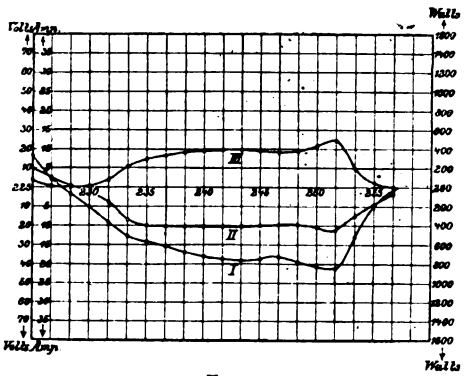


Fig. 9.

La machine Wechsler occupe une place intermédiaire; elle ne présente ni variation rapide de l'ordonnée ni maximum soutenu. Cette machine donne presque une sinusoïde.

Le caractère général de ces courbes s'explique aisément d'après la disposition magnétique des alternateurs. Il est plus difficile de suivre du détail la réaction de l'armature sur le champ magnétique et, en conséquence, sur les courbes d'intensité et de voltage. Comme les machines employées présentent un certain intérêt comme montrant les types extrêmes des formes de courant, il est nécessaire de discuter les origines de leurs propriétés particulières.

1. La machine Ganz (fig. 1); armature et inducteur en tôles minces, avec pièces polaires massives. Quatre circuits magnétiques, les lignes de force suivant le parcours indiqué sur la figure. Une rotation d'un huitième de tour à droite peut être divisée en trois parties.

Première partie : De la position dessinée à celle où le chemin offert aux lignes de force est réduit à la moitié de la largeur d'un pôle; le point B se trouve alors devant A. Les lignes de force entrant dans l'armature trouvent une section plus grande. La résistance magnétique du circuit, et par suite le nombre de lignes de force sont peu changés, et la force électromotrice induite est faible.

Deuxième partie : De ce dernier point à celui où l'arête de gauche du pôle inducteur est séparée de l'arête de droite du pôle induit, par toute la largeur de l'inducteur (point C devant A). Les lignes de force venant de l'inducteur pénètrent dans la partie gauche de la pièce polaire, tandis que la partie droite est exclue. A la fin la section totale du flux est égale à celle de l'inducteur. La résistance magnétique augmente un peu, le flux diminue lentement, et la force électromotrice augmente lentement.

Troisième partie : Du point précédent à celui où le milieu du pôle inducteur est opposé au milieu de la bobine d'armature. Dans ce court chemin l'aire du flux diminue rapidement, la résistance magnétique augmente, et la force électromotrice augmente rapidement. Pendant le prochain huitième de tour, la force électromotrice diminue de nouveau symétriquement.

2. La machine Wechsler (fig. 2 *a*). Huit cir-

Digitized by Google

cuits magnétiques, quatre de chaque côté de l'armature. Chemins des lignes de force comme dans la figure 2 *b*, les pôles de même nom étant opposés l'un à l'autre. La plus petite variation du flux se produit évidemment lorsque les bobines de l'armature se trouvent au milieu entre deux pôles; la force électromotrice est nulle dans cette position. Variation maxima dans la position indiquée par la fig. 2 *a*, et maximum de la force électromotrice. En passant de l'une de ces positions à l'autre, il n'y a pas de division bien marquée à établir. Le passage des lignes de force de l'inducteur à l'induit se fait en courbes très douces quand l'entreser est assez grand. C'est sans doute à cette circonstance que la machine Wechsler doit la forme régulière de ses courbes de courant, et ce moyen peut être employé dans d'autres types lorsqu'on se propose d'obtenir des minusoïdes. L'augmentation de la force magnétomotrice nécessaire ne semble pas être un obstacle puisque aux Etats-Unis, par exemple, on construit de bonnes machines avec jusqu'à 15 millimètres d'entreser.

3. La machine Siemens (fig. 3). Les douze projections polaires de l'inducteur, disposées en étoile, viennent en face d'autant de bobines d'armature. Deux des circuits magnétiques sont indiqués sur la figure 3. Les pièces polaires sont si larges, que les arêtes voisines se touchent presque, et cette circonstance est la cause de la forme particulière des courbes de cette machine. Si nous admettons que dans la figure 3 les lignes de force sortent de la partie de droite d'un inducteur pour entrer par le côté gauche du suivant, il n'y a pas de position où le flux change brusquement quand l'armature tourne. La rotation d'un quart de période peut être décomposée en deux parties :

Première partie : L'inducteur tourne à droite entre les pièces polaires de l'armature, jusqu'à ce que B vienne en face de A, et que D se trouve près de C. Dans cette partie de la rotation la résistance magnétique augmente, le flux de chaque branche de l'inducteur passe dans deux bobines de l'induit, et dans ce dernier une partie du flux est opposée à l'autre : le résultat est une diminution croissante du flux, c'est-à-dire une force électromotrice croissante.

Seconde partie : Lorsque B dépasse A, D passe devant C; la section du flux entre B et A diminue constamment, et le flux se partage entre A et C, lorsque l'induction dans les bobines induites est nulle. Pendant cette seconde moitié de la révolution la variation de flux est plus rapide que dans la première, et donne une force électromotrice légèrement croissante, qui s'abaisse ensuite symétriquement dans la suite de la rotation.

Ces considérations montrent à nouveau combien est importante la forme à donner aux pièces polaires pour un certain type de machine, forme qui détermine la nature des courbes périodiques des grandeurs électriques. Nous n'avons considéré que l'influence du champ inducteur, et les courbes seraient symétriques si aucun autre effet n'intervenait. Les dissymétries sont dues aux réactions d'armature.

L'exactitude des courbes en question peut être vérifiée en comparant leurs valeurs moyennes avec les indications du voltmètre, de l'empèremètre et du wattmètre. Un wattmètre donne la moyenne de la puissance, tandis que le voltmètre et l'empèremètre indiquant la racine carrée du carré moyen, ce dont il faut tenir compte quand on mesure les courbes au planimètre.

Le tableau ci-dessous donne une comparaison entre les mesures et les valeurs calculées :

Machine	Volts		Ampères		Watts	
	Mesurés	Calculés	Mesurés	Calculés	Mesurés	Calculés
Ganz.....	29,9	29,6	9,49	9,06	267	264
Wechsler.....	31,1	31,8	9,50	9,25	298	293
Siemens.. ...	30,0	30,8	8,87	8,81	—	—

Dans les deux premiers cas, les mesures électriques et photométriques étaient faites simultanément; dans le dernier cas la mesure

Digitized by Google

électrique précédait immédiatement la photométrie, et on ne faisait pas la lecture au wattmètre. Le résultat en est une meilleure concordance avec les valeurs observées.

On ne pouvait guère demander plus de concordance avec une charge aussi notable que l'est une lampe à arc. Il faut remarquer que le décalage de phase est très petit, seulement d'environ un dix-huitième d'une demi-période. Pour la connaissance de la nature de l'arc, la recherche de la cause de ce petit décalage est très importante; car en prouvant qu'il se produit dans l'arc même, on démontrerait l'existence d'une force électromotrice dans ce dernier. On n'a pas pu déterminer si ce retard de phase est dû à de la self-induction ou à une force contre-électromotrice, car on ne peut pas calculer exactement l'influence des électros de la lampe. Les expériences montrent

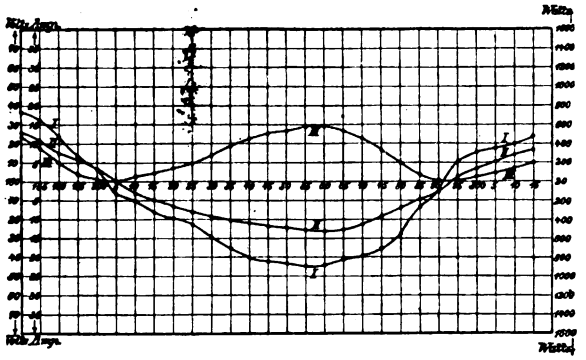


Fig. 10.

seulement qu'il n'y a pas grand décalage dans une lampe à arc.

Influence de la nature des ondes sur la régulation de la lampe. — La discussion de cette question doit être précédée d'une courte description de la lampe. Il s'agit d'une lampe différentielle dont la construction est expliquée par la figure 11.

Les deux bobines sont superposées, la bobine A en série au-dessus, la bobine B en dérivation en dessous. Les deux charbons d'égal diamètre sont fixés aux deux extrémités d'une chaîne passant sur la roue D. A mesure que les charbons se consument, la roue D, en tournant, les rapproche, et comme ils brûlent également, leur point de rencontre reste fixe par rapport au réflecteur. Pour régler la lampe, chaque bobine agit sur un tube de fer fondu, *a* et *b*, fixé à une tige de cuivre *c*, porté par l'extrémité d'un levier à trois bras E. Ces tubes sont disposés symétriquement lorsque E est horizontal, et leur fonctionnement est indépendant de la différence de phase entre les courants qui les attirent.

Lorsqu'on lance le courant dans la lampe, la bobine en série agissant seule fait baisser E. Le bras vertical F du levier se meut vers la droite, et à l'aide de la bielle G fait tourner H et D autour de l'axe *e*, ce qui écarte les charbons l'un de l'autre. Mais H et D ne sont solidaires que lorsque le bras J est poussé contre

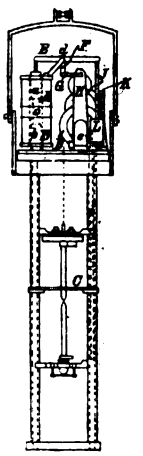


Fig. 11.

K par le mouvement latéral de H. Quand la tension voulue est atteinte, la bobine en dérivation attire son armature et fait avancer les charbons; les mouvements sont amortis par un dash-pot L, dont le piston peut être chargé de poids variables.

Ces poids doivent être très différents pour les différentes machines; les plus lourds sont nécessités par la machine Ganz, les plus légers par la machine Siemens; tandis qu'avec du courant continu, le poids ne pouvait être suffisamment réduit pour amorcer l'arc convenablement. Ce dernier phénomène est évidemment dû à la self-induction de la bobine en dérivation que l'on peut corriger en y ajoutant des résistances. Ceci explique aussi les différences entre les machines provenant des va-

Digitized by Google

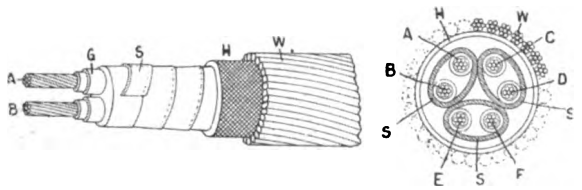
riations de forme de la courbe de force électromotrice.

L'auteur donne aussi un certain nombre de raisons pour le fonctionnement à faible induction dans les noyaux de fer, si la lampe doit s'adapter à différents types de machines.

(*A suivre.*) A. H.

Câbles sous-marins S. Thompson (1893)

Pour *augmenter* les effets d'induction mutuelle entre les conducteurs d'aller et de retour A et B d'un même circuit (fig. 1), A isolant G, on les enveloppe d'un ruban de fer S, au-dessus duquel on dispose la gaine de chanvre H, et l'enveloppe de fils métallique W.



La figure 2 représente l'application de ce système à un câble triple, à trois circuits AB, CD, EF. On peut ainsi, grâce à la grande perméabilité de S, augmenter considérablement la rapidité des signaux transmis. G. R.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Sur deux méthodes pour l'étude des courants dans les circuits ouverts et des courants de déplacement dans les diélectriques et les électrolytes, par M. de Nicolaïeff. (1)

« La première méthode a pour but l'étude des déviations que subissent les corps à étudier, dans un champ magnétique constant ou alternatif.

« Les corps, en forme d'anneaux ou de disques sont suspendus au moyen d'un bifilaire entre les deux pôles d'un électro-aimant; quand on lance un courant constant ou alternatif dans les bobines, l'espace interpolaire devient un champ magnétique constant ou alternatif.

« Le plan de l'anneau suspendu fait un angle de 45° avec l'axe de l'électro-aimant et est au milieu de l'espace interpolaire, de sorte que l'influence d'un champ constant se réduit à un couple moteur, axial ou équatorial selon la nature du corps ; le champ alternatif, outre le couple purement magnétique, crée encore des forces électro-motrices d'induction, dont la composante tangentielle produira, dans les anneaux diélectriques, des courants de déplacement. Ces derniers excitent autour de l'anneau un champ magnétique secondaire, qui vient s'ajouter au couple déterminé par un champ constant.

« En divisant les déviations par les carrés des intensités efficaces des champs, ou, si la permiabilité des noyaux est constante, par les carrés des intensités des courants magnétisants, on aura, dans les quotients, les déviations réduites qui doivent être constantes pour les intensités.

« On devra ensuite comparer les déviations réduites, dans le cas du champ constant et du champ alternatif, la différence, s'il y en a une, sera attribuable aux courants de déplacement.

« Il est aisé de voir que les phases des champs primaires et secondaires sont identiques, par suite de cette identité des phases, les couples moteurs, dus aux réactions des champs, seront toujours équatoriaux, c'est-à-dire que les corps paramagnétiques seront moins déviés dans le champ alternatif, tandis que les diamagnétiques le seront davantage.

« Deux séries d'expériences avec le même anneau, en paraffine diamagnétique ont montré une angmentation de 12 o/o pour 930 périodes dans une minute et une augmentation de 9 o/o pour 770 périodes.

« Le moment du couple moteur s'exprime par la formule

$$C\frac{Q'^2_0}{2}\frac{\pi KL}{T^2+\pi KL}.$$

Mais il faut en déduire le couple de la poussée venue du milieu ambiant, lequel est

(1) *Comptes Rendus*, t. CXIX, p. 469 (3 sept. 1894).

Digitized by Google

aussi le siège des courants de déplacement, qui se calculent de la même manière sauf que la valeur de K est différente.

« Dans la seconde méthode, on excite les courants de déplacement, dans les anneaux. par les masses de fer des noyaux eux-mêmes. Dans cette méthode, l'anneau est suspendu perpendiculairement à l'axe des noyaux et l'un de ces noyaux est déplacé parallèlement à lui-même ; les deux faces polaires peuvent alors être rapprochées, autant qu'on le veut, des faces parallèles des anneaux La tendance des lignes de force secondaire à pénétrer dans la masse des noyaux crée un couple pondéromoteur, appliqué à l'anneau et qui produit les différences entre les déviations à l'état permanent et à l'état variable.

« Cette méthode, vu la petitesse de distance qui peut être obtenue, entre les faces parallèles des anneaux et des noyaux, doit être regardée comme la plus efficace pour la manifestation des courants de déplacement.

« L'anneau paramagnétique, en cire jaune, donnait pour une certaine distance l'augmentation de 8,46 o/o ; pour une distance plus petite, une augmentation de 15 o/o. Un disque paramagnétique en paraffine a donné pour un courant l'augmentation de 8 o/o, pour l'autre courant, une augmentation de 8,3 o/o.

« Les électrolytes comme l'eau les sulfates de cuivre et de zinc, l'acide sulfurique au maximum de conductibilité électrolytique, se comportaient comme des diélectriques parfaits ; ils ne sont donc pas conducteurs à la manière des métaux.

« L'acide sulfurique, renfermé dans un tube annulaire en verre, et traité par la seconde méthode, a montré une augmentation de déviation égale à 15 o/o.

« Le circuit conducteur ouvert était un anneau de cuivre, de forte section, coupé transversalement en un point ; quand il était traversé par un noyau commun aux deux bobines, il ne sublissait presque aucune déviation avec le courant constant, tandis qu'avec un courant alternatif il pouvait atteindre de très grandes déviations. Bien que les secteurs puissent, par l'effet du flux magnétique, se charger d'électricité, tout porte à croire que les déviations étaient produites par les courants au sein même de l'anneau. Ce courant se comportait comme un courant dans l'anneau fermé ; les valeurs du quotient $\frac{r}{L}$, calculées d'après les formules, relatives aux circuits fermés, ont donné, dans des circonstances très différentes, des valeurs assez concordantes.

« Toutes les conséquences ci-dessus énoncées sont cependant déduites d'un trop petit nombre de mesures pour qu'on puisse les considérer comme indiscutables. »

Sur le courant minimum perceptible dans le téléphone, par lord Rayleigh (1).

En 1877 et 1878, c'est-à-dire peu de temps après la découvert du téléphone, plusieurs expérimentateurs ont cherché quelle est l'intensité minimum du courant perceptible dans un téléphone Bell. Les valeurs obtenues diffèrent considérablement. Ainsi tandis que Preece donne pour ce minimum 6×10^{-12} ampère et Tait, pour un courant renversé 500 fois par seconde, 2×10^{-12}, de la Rue et Brough trouvent séparément 1×10^{-8} ; enfin Ferraris donne des nombres intermédiaires entre les précédents et variant de 23×10^{-9} à 5×10^{-9} ampère quand la fréquence s'élève de 264 à 594. Les écarts considerables que présentent ces résultats décidèrent lord Rayleigh à entreprendre de nouvelles expériences en évitant les causes d'erreur qui avaient pu échapper aux premiers expérimentateurs.

Il est facile de prévoir que pour des téléphones de même forme et de mêmes dimensions, la sensibilité de l'instrument doit dépendre dans une large mesure de la résistance

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVIII, p. 285-295 (septembre 1894).

Digitized by Google

de l'enroulement. Si, en effet, on suppose que la cavité occupée par cet enroulement a les mêmes dimensions dans tous les instruments et si, en outre, on admet qu'on puisse appliquer la théorie de la sensibilité des galvanomètres, on doit avoir $\gamma\sqrt{r} = \text{const.}$, γ étant l'intensité du courant et r la résistance de l'enroulement ; il en résulte que *le courant minimum est inversement proportionnel à la racine carrée de la résistance*. Dans le but de vérifier jusqu'à quel point cette relation théorique est exacte, lord Rayleigh prit deux téléphones identiques du type Bell umpolaire et changea l'enroulement de l'un d'eux ; il eut ainsi deux téléphones T_1 et T_2 ayant respectivement pour résistance 70 ohms et 0,8 ohm. D'après la relation précédente T_1 devrait être sensible à un courant 10 fois environ aussi intense que le courant minimum correspondant à T_2.

Le courant alternatif lancé dans le téléphone doit se rapprocher le plus possible d'un courant solénoïdal car, puisque les expériences antérieures montrent que le courant minimum est d'autant plus faible que la fréquence est plus grande, il pourrait arriver que l'on attribuât au courant fondamental un son dû en réalité aux harmoniques supérieures de ce courant. Il faut en outre pouvoir faire varier l'intensité de ce courant et enfin pouvoir calculer facilement cette intensité. Pour ces raisons l'auteur a employé dans la plupart de ses expériences le courant, en faisant tourner, au moyen d'un courant d'air, un aimant convenablement recourbé de 2,5 cm de long placé sur l'axe et à une petite distance d'une bobine d'induction de construction connue ; en faisant varier la distance B de l'aimant à la bobine et la résistance R du circuit téléphonique on faisait varier dans de larges limites l'intensité du courant ; en outre cette intensité pouvait être aisément calculée, comme on le verra plus loin, pourvu que la self-induction soit négligeable.

Pour réaliser cette dernière condition, l'auteur introduisait dans le circuit une très grande résistance sans induction. Dans ses premières expériences il employait une bobine de 100 000 ohms construite, suivant l'usage, en enroulant un double fil. Mais, suivant ses propres expressions, c'était tomber de Charybde en Scylla, car si on diminuait ainsi l'influence de la self-induction on introduisait une nouvelle complication due, comme il le reconnut bientôt, à la capacité électro-statique de la bobine.

Il est facile de se rendre compte jusqu'à quel point la capacité de la bobine peut avoir une influence sur l'intensité du courant et, par suite, sur l'intensité du son rendu par le téléphone. Nous pouvons assimiler la bobine à une résistance R dont les extrémités sont reliées aux armatures d'un condensateur de capacité C. Si V est la différence de potentiel entre ses extrémités, l'intensité du courant traversant la résistance est $x = \frac{V}{R}$, et celle du courant circulant dans la dérivation contenant le condensateur est $y = C\frac{dV}{dt}$; par suite l'intensité du courant principal est

$$x + y = \frac{V}{R} + C\frac{dV}{dt}.$$

La différence de potentiel étant périodique, nous pouvons la représenter par e^{ipt}. On a alors

$$x + y = \frac{e^{ipt}}{R}(1 + ip\,CR),$$

ce qui montre que l'amplitude du courant principal est

$$\frac{\sqrt{1 + p^2 C^2 R^2}}{R}.$$

Elle serait égale à $\frac{I}{R}$ s'il n'y avait pas de condensateur ; par conséquent l'effet de celui-ci est d'accroître l'amplitude dans le rapport de

$$\sqrt{1 + p^2 C^2 R^2} \text{ à } 1.$$

Mais cette expression montre que l'accroissement d'amplitude ne commence à devenir

Digitized by Google

sensible que quand le produit pCR devient égal à 1. Or dans le cas où la fréquence est 640, comme dans quelques-unes des expériences, p est est égal à 4020; si donc une bobine de 100 000 ohms ou 10^{14} unités CGS produit un effet sensible, c'est que sa capacité est égale à $\frac{10^{-15}}{402}$ ou 1/400 de microfarad environ. Pour qu'une bobine de 10 000 ohms produise le même effet il faudrait que sa capacité atteigne 1/40 de microfarad. Il n'est guère probable que la capacité d'une telle bobine ait une valeur aussi grande et l'expérience montre, en effet, qu'en substituant une bobine de 10 000 ohms à la bobine de 100 000 ohms, le téléphone rend un son beaucoup moins intense. L'auteur a donc cru pouvoir se servir des résistances métalliques ordinaires tant qu'elles sont inférieures à 10 000 ohms; pour les résistances plus élevées il s'est servi de plombagine.

L'amplitude du courant oscillatoire lancé dans le téléphone s'obtient de la façon suivante :

Si A désigne le rayon moyen de la bobine d'induction, B la distance du centre de cette bobine à l'axe de rotation de l'aimant, on a pour la constante galvanométrique de cette bobine à l'endroit occupé par l'aimant

$$G = \frac{2\pi n A^2}{C^3}$$

où $C^2 = A^2 + B^2$. Par conséquent si m est le moment magnétique de l'aimant, pt l'angle de sa direction avec une normale à l'axe de la bobine menée par l'axe de rotation, le coefficient d'induction mutuelle M est

$$M = Gm \sin pt = \frac{2\pi n A^2 m}{C^3} \sin pt,$$

et la force électro motrice est

$$\frac{dM}{dt} = \frac{2\pi n A^2 mp}{C^3} \cos pt.$$

Le moment m se déduit de la déviation θ que subit l'aiguille d'un magnétomètre quand on place l'aimant perpendiculairement à sa direction à une distance r. On a sensiblement

$$\operatorname{tang} \theta = \frac{2m}{r^3 H},$$

H étant la composante horizontale de la force magnétique terrestre. Or pour obtenir θ on prend la demi-somme des deux déviations inverses que l'on a, en plaçant l'aimant dans une certaine position, puis en le retournant bout pour bout. Si donc on désigne par d le nombre des divisions de l'échelle qui correspond à la déviation totale et par D la distance de cette échelle au miroir qui porte l'aiguille du magnétomètre, on a approximativement $\theta = \frac{d}{4D}$, et par suite,

$$m = \frac{Hr^3 d}{8D}.$$

En remplaçant m par cette valeur dans l'expression de la force électromotrice induite, puis divisant par la résistance totale R on obtient l'expression de l'intensité du courant et l'on trouve pour l'amplitude

$$\frac{n\pi p HA^2 r^3 d}{4C^3 RD}.$$

Dans cette expression, H doit être remplacé par 0,18; les autres quantités, à l'exception de p, et de B (qui entre dans C) sont déterminées une fois pour toutes.

Pour faire une expérience, on introduisait le téléphone et une résistance dans le circuit de la source de courant, et on modifiait cette résistance ou la distance de l'aimant tournant à la bobine jusqu'à ce que le son rendu par le téléphone soit très faible, mais encore *aisément* perceptible après quelques secondes d'attention. On ne cherchait pas à le rendre aussi peu perceptible que possible à cause de la fatigue et du peu de précision que présente ce mode d'observation. Mais à plusieurs reprises l'auteur s'est assuré qu'on arrivait à la limite des sons perceptibles en doublant les résistances nécessaires à la production du

Digitized by Google

son dont l'intensité était prise comme terme de comparaison. Par conséquent il suffira de diviser par 2 l'intensité du courant correspondant à ce son pour avoir celle du courant minimum.

Pour le calcul de cette intensité il fallait déterminer B et p. La mesure de B n'offrait aucune difficulté. Pour avoir p, on rendait plus intense le son du téléphone en retirant quelques-unes des résistances du circuit et on comparait sa hauteur à celle des diverses notes émises par un harmonium; on avait ainsi la fréquence du courant et en multipliant cette fréquence par 2π on obtenait p.

Lorsque l'aimant tournait à toute vitesse, la fréquence était 307. Dans ces conditions lord Rayleigh a trouvé que le courant nécessaire pour produire le son étalon dans le téléphone T_1 variait de $3{,}6 \times 10^{-7}$ à $7{,}4 \times 10^{-7}$ ampère quand la résistance intercalée variait de 1600 à 84100 ohms, et que le courant produisant le même effet dans le téléphone T_2 variait de 1×10^{-5} à $1{,}2 \times 10^{-5}$ quand la résistance intercalée variait de 200 à 500 ohms.

Quand la fréquence était réduite à 1/2, le téléphone T_1 avec une résistance intercalée de 3100 ohms ne donnait la même intensité de son que pour une intensité de courant de $2{,}5 \times 10^{6}$ ampère.

Ce dernier résultat montrant que la fréquence a une importance considérable, il était utile de pouvoir faire varier cette quantité dans de larges limites. Dans ce but lord Rayleigh substitua à l'aimant tournant de l'appareil précédent un diapason aimanté. Si l'on appelle l la distance des deux pôles, et m_0 leur moment magnétique quand le diapason ne vibre pas, 2 B l'arc décrit par chacun d'eux, quand le diapason vibre avec une fréquence $\frac{p}{2\pi}$, on a pour le moment magnétique des pôles à chaque instant

$$m = m_0 \left(1 + \frac{2\beta}{l} \sin pt\right)$$

et il suffit de reprendre le calcul déjà indiqué pour trouver l'expression de l'intensité du courant induit dans la bobine par le mouvement du diapason.

La détermination de m_0 se faisait au magnétomètre; celle de 2 B en mesurant au microscope le déplacement de l'extrémité d'une branche d'un diapason, puis en prenant les deux tiers de ce déplacement; celle du nombre de vibrations $\frac{p}{2\pi}$ s'effectuait par les méthodes ordinaires; quant à celle de l, elle ne présentait aucune difficulté.

Les expériences faites avec cet appareil montrent encore que la résistance peut varier entre des limites très étendues sans que le courant nécessaire pour produire le son pris comme terme de comparaison vraie beaucoup. L'influence de la fréquence est montrée par le tableau suivant qui se rapporte au téléphone T_1 :

Fréquence	Source	Courant en 10^8 ampère
128..	diapason.....	2800
192..	aimant tournant. ..	250
256..	diapason	83
307..	aimant tournant....	49
320..	diapason.....	32
384		15
512		7
640		4.4
768		10

Il semble résulter de ces chiffres que la sensibilité du téléphone était maximum quand la fréquence était environ 640. Mais, comme ajoute l'auteur, des expériences faites avec de plus grandes fréquences seraient nécessaires pour élucider complètement ce point.

Si l'on compare ces résultats à ceux de Ferraris, on constate des différences assez sensibles, même en tenant compte de ce fait que les résultats de lord Rayleigh doivent être divisés par 2 ou même par 3 pour correspondre au courant minimum perceptible.

Leur comparaison avec les résultats de Mather, Ayrton et Sumpner sur la sensibilité

Digitized by Google

des galvanomètres, montre que la sensibilité du téléphone aux courants alternatifs est du même ordre que la sensibilité du galvanomètre aux courants continus.

La comparaison des nombres relatifs aux téléphones T_1 et T_2 indique que le rapport de leur sensibilité varie de 13 à 30; il est donc, en moyenne, beaucoup plus grand que le rapport déduit théoriquement de leurs résistances. A ce propos, l'auteur décrit une expérience conduisant à un résultat très différent. Elle consiste à placer les deux téléphones, une boîte de résistance et un interrupteur à contact glissant sur un circuit dont les extrémités présentent une différence de potentiel d'environ 5 millièmes de Daniell (obtenue par dérivation sur un autre circuit comprenant 1 Daniell). Si on augmente la résistance jusqu'à ce que l'un des téléphones cesse de se faire entendre, on trouve que la sensibilité du téléphone T_1 n'est que 5 fois plus grande que celle de T_2. Mais, comme le fait remarquer lord Rayleigh, ce résultat doit être attribué à ce que, le courant n'étant pas sinusoïdal, le téléphone T_1 se trouve en réalité mis en action par les harmoniques supérieurs du son que rend le téléohone T' et que, par suite, la comparaison des sensibilités n'a plus de sens.

J.-B.

Essai d'une théorie quantitative du téléphone, par Lord Rayleigh (1)

« La théorie du téléphone ne peut être considérée comme complètement établie tant qu'il n'est pas possible de déterminer la sensibilité de l'instrument à l'aide des données de construction, ou tout au moins de relier l'amplitude du courant vibratoire aux condensations et raréfactions de l'air dans l'embouchure. Malheureusement une telle détermination est extrêmement difficile tant à cause de l'imperfection de nos connaissances sur les propriétés magnétiques du fer que par suite des difficultés mathématiques résultant des formes particulières adoptées par les constructeurs; aussi ne semble-t-il pas que jusqu'ici ce problème ait été attaqué. Cependant, à cause des doutes qui ont été exprimés relativement à la possibilité d'une théorie et aussi à cause des divergences considérables que présentent les évaluations expérimentales de la sensibilité, une tentative me paraît désirable. Il est entendu qu'on doit, pour le moment, se contenter de la recherche de l'ordre de grandeur et que le résultat doit être regardé comme satisfaisant même s'il est prouvé qu'il est 10 ou 100 fois trop grand ou trop petit. »

Le but de ses recherches et leur degré d'approximation étant ainsi définis, l'auteur s'occupe de la détermination des divers quantités nécessaires au problème.

L'une d'elles est le nombre de tours n du fil de la bobine du téléphone. Elle ne peut être déterminée directement pour un instrument complètement fini mais elle peut être déduite avec une approximation suffisante des dimensions de la bobine et de sa résistance R. Soient, en effet, ξ la longueur de cette bobine, η_1 et η_2 ses rayons interne et externe, σ la section du fil, l sa longueur. On peut admettre que la section $n\sigma$ des n tours de fil par un plan axial est égal à la moitié de la section $\xi(\eta_2 - \eta_1)$ de la bobine par le même plan et que le volume $l\sigma$ occupé par le cuivre est la moitié du volume $\pi\xi(\eta_2^2 - \eta_1^2)$ de la bobine. On a alors les deux relations

$$n\sigma = \frac{1}{2}\xi(\eta_2 - \eta_1) \qquad (1) \qquad\qquad l\sigma = \frac{1}{2}\pi\xi(\eta_2^2 - \eta_1^2) \qquad (2)$$

et si l'on introduit la résistance spécifique r du cuivre, on en déduit la relation

$$R = r\frac{l}{\sigma} = \frac{2\pi r n^2(\eta_2 + \eta_1)}{\xi(\eta_2 - \eta_1)} \qquad (3)$$

qui montre que pour des téléphones de mêmes dimensions le nombre des tours est proportionnel à la racine carrée de la résistance.

Dans les téléphones on a approximativement $\xi = 1$ cm, $\eta_2 = 3\eta_1$ et comme $r = 1600$

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVIII, p. 295-301 (septembre 1894).

Digitized by Google

unités C. G. S. on trouve à l'aide de la relation précédente

$$n' = \frac{R}{4\pi \times 1600}, \qquad (4)$$

ce qui donne $n = 2230$ pour une bobine dont la résistance est 100 ohms ou 10^{11} C. G. S.

Pour avoir la relation entre la force périodique agissant sur la membrane du téléphone et l'intensité du courant périodique qui traverse la bobine, l'auteur se place d'abord dans le cas où l'on aurait une bobine de longueur infinie de n tours par centimètre renfermant un noyau de fer doux infini, divisé en deux par une fente transversale, et fortement aimanté par une force magnétisante H. Dans ces conditions la force d'attraction des deux parties du noyau est, par unité de surface.

$$I\,(H + 2\pi I),$$

I étant l'intensite d'aimentation, et, quand la force magnétisante s'accroit de

$$\delta H = 4\pi n \gamma \qquad (5)$$

par suite du passage d'un courant d'intensité γ dans la bobine, cette force attractive subit une variation égale à

$$\delta H \left\{ I + (H + 4\pi I) \frac{dI}{dH} \right\} \qquad (6)$$

La valeur de $\frac{dI}{dH}$ qui entre dans cette expression est celle qui correspond à un changement cyclique petit puisque les courants qui font parler un téléphone sont périodiques et de très faible intensité. Or, l'expérience montre que cette valeur, grande et égale à $\frac{100}{4\pi}$ environ quand I est petit, décroit quand I augmente et tend vers zéro quand l'aimantation du fer doux s'approche de la saturation. Par conséquent pour que la variation (6) de la force attractive soit la plus grande possible il faut que l'aimantation du noyau du téléphone, tout en étant assez grande, ne soit pas trop près de l'état de saturation. A défaut de renseignement précis, Lord Rayleigh, admet que le maximum de (6) est atteint quand la valeur de I est égale à la moitié de celle qui correspond à la saturation ; d'après Ewing (*Magnetic Induction* p. 136) cette valeur est 800 environ et la valeur de $\frac{dI}{dH}$ correspondante est $\frac{50}{4\pi}$. En portant ces valeurs dans (6) on trouve pour la variation de la force attractive par unité de surface 40000 δ H, ou, en tenant compte de (5),

$$40000 \times 4\pi n \gamma \qquad (7)$$

Mais on ne peut appliquer cette formule à un téléphone car, d'une part, la bobine est trop courte pour qu'on puisse la regarder comme infinie, et, d'autre part, l'une des moitiés du noyau infini considéré précédemment se réduit à une membrane de fer très mince. Lord Rayleigh estime que l'effet d'une bobine de 1 cm. de longueur comprenant n tours doit être le cinquième de celui d'une bobine infinie et que cet effet est encore réduit au quart lorsque le demi noyau cylindrique de longueur infinie est remplacé par une plaque de téléphone. Ces hypothèses, faites dans l'ignorance complète des résultats quelles pouvaient donner, conduisent à

$$2000 \times 4\pi n \gamma \qquad (8)$$

pour l'expression de la force, rapportée à l'unité de la surface du noyau, qui s'exerce sur le milieu de la membrane téléphonique. En remplaçant n par le nombre 2200 trouvé par un téléphone de 100 ohms de résistance et dont le noyau à 0,31 cm². de section, on obtient pour la force exercée par le noyau

$$\text{force} = 1{,}7 \times 10^7 \gamma \qquad (9)$$

la force étant exprimée en dynes et le courant en unités C. G. S., ou

$$\text{force} = 1{,}7 \times 10^6\, \Gamma \qquad (10)$$

Γ désignant l'intensité du courant en ampères.

L'auteur a cherché par l'expérience jusqu'à

Digitized by Google

quel point cette relation est vérifiée par l'expérience. Dans ce but il fixait normalement à la membrane d'un téléphone de 100 ohms, tenu verticalement l'ouverture en bas, une bande de verre mince portant un petit plateau de balance et notait, à l'aide d'un microscope, la position d'un point de repère du verre quand le téléphone était parcouru par un courant faisant bomber la membrane vers le bas. Il renversait ensuite le courant et mettait des poids dans le même plateau jusqu'à ce que le point de repère soit vu à travers le microscope dans la même position qu'avant le renversement du courant. En prenant la moitié de ce poids il avait la force attractive correspondant à un courant d'intensité connue. Il a trouvé ainsi qu'à une force de 1 gramme correspond un courant d'environ 1/600e d'ampère; une force de 1 gramme étant égale à 981 dynes, on a donc

$$\text{force} = 0{,}6 \times 10^6 \Gamma \qquad (11)$$

Cette relation ne diffère de la relation théorique (10) qu'en ce que son coefficient numérique est environ 3 fois plus petit; d'après ce qui a été dit plus haut sur l'approximation de la théorie, ce résultat est satisfaisant et légitime les hypothèses faites.

En munissant le microscope d'un micromètre oculaire, l'auteur a pu mesurer le déplacement qu'éprouve la membrane quand on charge le plateau de poids variables. Il a trouvé qu'à une force de 1 gramme correspond un déplacement de $1{,}34 \times 10^{-7}$ cent.; par suite le déplacement dû à un courant Γ est

$$x = 0{,}080\ \Gamma \qquad (12)$$

Il reste maintenant à chercher quel mouvement prendra la membrane téléphonique sous l'action d'une force périodique agissant sur sa partie centrale. Ce mouvement dépendra nécessairement de la relation existant entre la fréquence de cette force et celle des vibrations naturelles de la plaque. Pour pouvoir calculer la fréquence des vibrations naturelles avec quelque exactitude il faudrait connaître les conditions mécaniques dans lesquelles se trouve une membrane téléphonique. Si l'on suppose la membrane parfaitement fixée sur tout son pourtour, en trouve que la fréquence correspondant au son le plus grave que peut rendre la membrane du téléphone étudiée est 991. Mais il est permis de douter de l'exactitude de cette hypothèse, et l'auteur estime qu'il est préférable de calculer la fréquence à l'aide du déplacement, de la force qui le produit et l'inertie de la partie mobile. Dan le téléphone étudié la masse totale de la membrane était 3,4 gr., son diamètre extérieur de 5,7 cm. et son diamètre intérieur, correspondant à la portion libre, de 4,5 cm. En admettant que la masse effective, supposée située au centre, correspond à un diamètre de 2,5 cm., on trouve 0,65 gr. pour cette masse. La force étant, d'après ce qui a été dit plus haut,

$$\frac{1}{10^{-7} \times 1.34} \text{ ou } 7{,}5 \times 10^6$$

pour l'unité du déplacement, on obtient pour la fréquence des vibrations produites par cette force

$$\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{7{,}5 \times 10^6}{0{,}65}} = 541.$$

En faisant vibrer la membrane à l'aide d'une disposition électrique spéciale, l'auteur a pu leur faire rendre le son correspondant à ses vibrations naturelles; il a trouvé ainsi 896 pour la fréquence de ces vibrations. Ce nombre n'est pas très éloigné du nombre 991 donné par le premier mode de calcul théorique pour la fréquence du son le plus grave, mais il ne s'en suit pas que, contrairement à ce qui a été dit, ce mode de calcul soit préférable au second, car il n'est pas prouvé que la fréquence trouvée expérimentalement, 896, corresponde au son le plus grave et certaines indications conduisent lord Rayleigh à penser qu'il en est autrement.

Il est absolument impossible d'estimer *a priori* l'élongation x quand la fréquence du courant est voisine de celle des vibrations na-

Digitized by Google

turelles de la membrane. L'auteur se borne au cas où la fréquence du courant est 256, fréquence qui, d'après ce qui précède, paraît être certainement inférieure à celle du mouvement vibratoire naturel le plus grave que peut prendre la plaque. Pour cette fréquence l'intensité minimum du courant donnant un son perceptible est, d'après le tableau du Mémoire précédent du même auteur, $8{,}3 \times 10^{-7}$ ampères. Par conséquent la formule (12) donne par l'élongation maximum

$$x = 0{,}080 \times 8\,3 \times 10_{-7} = 6{,}8 \times 10^{-8} \text{ centim.}$$

Le mouvement de la membrane téléphonique se communique à l'air de l'embouchure. Si A est la surface efficace de la membrane et S le volume compris entre cette membrane et le tympan de l'oreille appliquée contre le téléphone, la *condensation* résultant d'un déplacement x de la membrane est $s = \frac{Ax}{S}$ si toutefois on suppose que la condensation est uniforme dans tout le volume S, hypothèse justifiée par la petitesse de ce volume. En admettant que $A = 4$ cm² et $S = 20$ cm³, on trouve pour la condensation correspondant à la valeur précédente de x,

$$s = 1{,}4 \times 10^{-8}, \qquad (13)$$

Par des considérations qu'il se propose de publier plus tard, l'auteur estime que des ondes progressives de fréquence égale à 256 cessent d'influencer l'oreille quand la condensation est $5{,}9 \times 10^{-9}$. La valeur (13) trouvée pour la condensation correspondant à un son téléphonique encore perceptible concorde donc avec cette dernière.

Mais l'accord cesse d'être satisfaisant quand la fréquence est égale à 512. Dans ce cas le courant minimum donnant un son téléphonique a une intensité de 7×10^{-9} ampères et on a alors,

$$x = 5{,}6 \times 10^{-9}$$
$$s = \frac{Ax}{S} = 1{,}1 \times 10^{-9},$$

valeur plus petite que la valeur $4{,}5 \times 10^{-9}$ que l'auteur obtient pour la condensation des ondes progressives cessant d'influencer l'oreille. Lord Rayleigh attribue ce désaccord à ce que, la fréquence étant alors voisine des vibrations naturelles de la membrane, les déplacements de cette membrane sont beaucoup plus grands que ceux qui sont donnés par la formule (12).

« Je n'insiste pas plus longtemps, dit l'auteur en terminant, sur ces calculs qui s'appuient sur trop d'hypothèses pour être très satisfaisants. Ils suffisent cependant à montrer que la théorie du « va et vient » est capable de donner une explication satisfaisante de l'action du téléphone, si toutefois on s'en rapporte à mes propres observations. Mais il serait douteux, pour ne pas dire plus, qu'elle puisse se concilier avec les estimations de sensibilité telles que celles de Tait et de Preece.

J. B.

VARIÉTÉS

Les mathématiques dans l'art de l'ingénieur, par John Hopkinson [1].

La télégraphie sous-marine fournit quelques intéressants exemples d'application des mathématiques supérieures. Lorsqu'on projeta la pose du premier câble à travers l'Atlantique, la première question à résoudre fut de savoir combien de mots par minute pouvaient être envoyés à travers un câble. C'était la question la plus pratique possible ; de la réponse dépendait l'avenir de l'entreprise.

Le problème fut étudié par le professeur Thomson [2], aujourd'hui lord Kelvin, qui montra que la propagation d'une perturbation électrique dans un câble pouvait être exprimée

[2] *Mathematical and Physical Papers*, t. II, p. 61.

[1] Voir l'*Eclairage électrique* du 6 octobre 1894, p. 183.

Digitized by Google

par une équation différentielle partielle, et que la solution applicable dans certaines conditions de cette équation est représentée soit par une intégrale définie soit par une série infinie. Les valeurs des solutions furent calculées, et avant qu'un câble traversât l'Atlantique, on connût le temps que mettrait un signal à passer d'un rivage à l'autre et dans quelle proportion l'intensité en serait diminuée dans la transmission.

Dans la figure 5, les abscisses représentent le temps compté à partir de l'établissement du

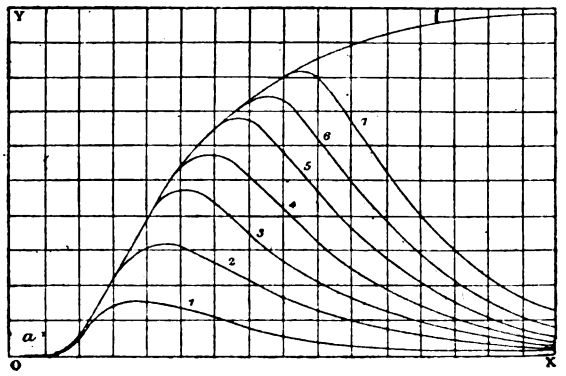


Fig. 5.

contact à l'extrémité transmettrice du câble et les ordonnées les intensités de courant à l'extrémité réceptrice. La courbe 1 indique les valeurs successives de ces courants lorsque le contact reste fermé indéfiniment. On observe qu'au bout d'un temps a, le courant est à peine sensible à l'extrémité réceptrice, mais qu'il augmente ensuite rapidement et atteint la moitié environ de sa valeur finale au bout d'un temps égal à 5 a. Les courbes 1... .7 montrent comment varient ces courants lorsque le contact, au lieu de rester fermé, n'est maintenu que pendant les temps a, $2a$.... $7a$, puis rompu. D'après la courbe 1 on voit combien le courant est faible et de longue durée en comparaison de celle du contact.

Le temps a dépend de la longueur et de la nature du câble ; il est égal a

$$\frac{k c l^2}{\pi^2} \log_e \frac{4}{3}$$

k étant la résistance par unité de longueur, c la capacité par unité de longueur, et l la longueur du câble. La connaissance de la valeur industrielle d'un câble est liée à la connaissance de la valeur de a, et celle-ci ne se trouve qu'à l'aide de l'équation différentielle

$$ck\frac{dv}{dt} = \frac{d^2v}{dx^2} \quad (1)$$

et de la solution assez compliquée de cette équation sous la forme d'une intégrale définie ou d'une série infinie.

Ces mathématiques supérieures ne peuvent, dans ce cas, être remplacées par un mode de raisonnement plus élémentaire. La transmission d'une perturbation dans un câble est tout à fait différente de la transmission des ondes sonores qui se meuvent avec une vitesse constante. Si le câble double de longueur, la durée de transmission d'un signal est quadruplée, au lieu d'être doublée comme il arriverait dans le cas d'un mouvement ondulatoire simple. En effet, la durée de transmission entre l'établissement du contact à l'extrémité transmettrice du câble et l'arrivée de la perturbation à la réception varie comme le carré de la longueur du câble.

La théorie mathématique est exactement la même que celle de la transmission de la chaleur entre les deux surfaces d'une lame. C'est un fait qui se reproduit souvent dans l'application des mathématiques — un genre de calculs s'applique à plusieurs problèmes physiques ayant en apparence, peu de caractères communs. Fourier a discuté, il y a longtemps, le problème de la chaleur, ne se doutant guère que son analyse correspondrait justement à la détermination de la vitesse avec laquelle des signaux peuvent être envoyés au-delà de l'Atlantique par un système de télégraphie qui, de son temps, n'était même pas conçu sous la forme la plus simple. La même équation diffé-

(1) v représente le potentiel, t le temps et x la distance à partir de l'extrémité transmettrice du câble.

Digitized by Google

rentielle donne aussi la théorie de la transmission de messages téléphoniques par les câbles ; mais la solution est dans ce cas plus aisée, et elle nous explique exactement pourquoi il est beaucoup plus difficile de parler à travers un court câble qu'à travers 1000 milles de ligne aérienne.

Nous avons dit que l'équation différentielle de la perturbation dans le câble est

$$ck\frac{dv}{dt}=\frac{d^2v}{dx^2}$$

une note musicale de période T parlée dans un câble par l'intermédiaire d'un téléphone est représentée par $A \sin \frac{2\pi t}{T}$; la perburbation dans le câble sera

$$v = A\, e^{-x\sqrt{\frac{kc\pi}{T}}} \sin\left(\frac{2\pi t}{T} - x\sqrt{\frac{kc\pi}{T}}\right),$$

comme on peut le vérifier en différentiant. Cette équation nous apprend tout ce qui peut nous intéresser. Elle nous dit dans quelle proportion diminuent les ondes avec la distance. Si la capacité est quelque peu considérable, la diminution est rapide. La vitesse des ondes n'est pas la même pour toutes les fréquences, comme pour les ondes sonores, mais elle varie comme la racine carrée de la période, de sorte que de deux notes émises simultanément, la plus élevée arrive après l'autre et l'effet résultant est entièrement détruit dans la transmission. Là encore, il est difficile de chercher à se passer de l'équation différentielle.

Quoique l'histoire du télégraphe ne date que d'un peu plus de 50 ans, elle est ancienne en comparaison de celle des autres grandes applications de la science électrique, qui ont reçu leur développement pendant les quinze dernières années. Les mathématiques élevées ont joué là également leur rôle. Dans la théorie des transformateurs nous trouvons une démonstration de plus de la nécessité de savoir déduire les formules si on veut les appliquer correctement. Les premiers transformateurs avaient des circuits magnétiques non fermés ; il y avait bien un noyau de fer, mais les lignes de force traversaient l'air sur une grande partie de leur parcours. Dans ce cas une théorie mathématique complète ne fut pas très difficile à établir. Mais on trouve plus avantageux les circuits magnétiques fermés, et la relation entre l'induction magnétisante devint dès lors de première importance. Si l'on avait voulu appliquer aux transformateurs modernes les formules trouvées pour les anciens, les résultats eussent été inexacts. En effet, le problème dût être attaqué d'une toute autre façon, tenant compte des faits tels qu'ils existent (1).

L'emploi des courants alternatifs a mis en usage, comme une nécessité pour la compréhension des phénomènes observés, beaucoup de mathématiques. Pourquoi la résistance apparente d'un conducteur est-elle plus grande pour un courant alternatif que pour un courant continu ? Et par résistance nous ne désignons pas ici la quasi-résistance due à la self-induction (2). La théorie électrique mathématique tient la réponse toute prête ; elle est capable aussi de nous dire comment la différence entre les deux effets dépend de la fréquence du courant et des dimensions du conducteur.

Dans le cas d'un conducteur cylindrique la solution implique la connaissance des fonctions de Bessel. Nous apprenons, que si le courant présente une haute fréquence, ou si le conducteur est gros, il passera très peu de courant dans l'axe du cylindre, et que cette partie du cylindre peut très bien être omise dans la pratique ; le courant est principalement confiné à la partie du conducteur voisine de la surface. Les courants passant à différentes profondeurs dans le conducteur atteignent leurs maxima à des moments différents ; ceux voisins de la surface passent par leurs maxima avant ceux plus rapprochés de l'axe du cylindre.

Les conditions mathématiques sont exprimées par la même équation qui sert à représenter la distribution de la chaleur dans un

(1) *Procedings*, of the Royal Society, 17 février 1887.
(2) Lord Rayleigh, *Phil. Mag.* t. XXI, p. 381.

Digitized by Google

cylindre dont la surface est soumise à une variation périodique de température. Tous ceux qui possèdent à fond le problème calorifique sont à même de traiter le problème des courants dans un conducteur. On ne saurait répéter trop souvent, que toute déduction mathématique ayant son application dans un problème physique trouve à peu près sûrement, sous la même forme, des applications à d'autres problèmes qui, superficiellement, semblent absolument distincts.

L'équation différentielle dans notre dernier cas est

$$kc\frac{dv}{dt}=\frac{d^2v}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{dv}{dr};$$

l'analogie des conditions physiques du problème avec celui de la propagation linéaire de la chaleur apparaît évidente, mais le calcul diffère essentiellemet par la présence du terme $\frac{1}{r}\frac{dv}{dr}$ dans l'équation.

Le calcul s'occupe de la relation entre quantités sans leur donner aucune signification physique. Il en résulte que deux problèmes tels que celui de la distribution des courants dans un conducteur cylindrique et celui de la chaleur dans un cylindre sont identiques, tandis que le calcul de la distribution de la chaleur dans un cylindre est complètement différent de celui ayant pour objet la distribution de la chaleur dans une sphère ou dans un solide limité par deux plans parallèles.

Un curieux phénomène a été observé dans les grandes machines à courants alternatifs de Deptford lorsqu'on les relia aux long câbles devant conduire le courant à Londres. La tension des machines était dans certaines conditions plus élevée lorsqu'elles étaient reliées aux conducteurs qu'auparavant. C est l'effet d'un phénomène de résonance très analogue au roulis des navires lorsque la période naturelle du roulis, est à peu près la même que celle des vagues (1). La période du courant alternatif correspond à la période des vagues, la self-induction de la machine au moment d'inertie du vaisseau, la réciproque de la capacité à la stabilité du vaisseau, et la résistance au frottement du mouvement de roulis. Le calcul est le même dans les deux cas. L'effet avait été prédit longtemps avant qu'il ne fût observé sous une forme pouvant créer des dangers.

Un problème qui agite encore les ingénieurs électriciens est celui du couplage de plus d'une machine à courants alternatifs sur un même système de conducteurs. Avant que cette question n'eut d'importance pratique, elle fut traitée par nous, et nous montrâmes mathématiquement qu'il était possible de faire fonctionner en parallèle des alternateurs commandés séparément, mais impossible de les coupler en série. C'est-à-dire que deux alternateurs reliés aux mêmes conducteurs tendent à se régler l'un l'autre de façon que leurs courants s'ajoutent, mais qu'en essayant de les coupler de manière à ajouter la tension de l'un à celle de l'autre, ils tendent à se dérégler (1).

De tous les problèmes qui ont reçu leur solution au cours de ce siècle, celui présentant la plus haute importance pratique est peut-être le problème de la conversion de l'énergie calorifique en énergie mécanique. La science de la thermodynamique a progressé avec le perfectionnement pratique de la machine à vapeur. Par son aide, particulièrement par celui de sa seconde loi, nous savons ce que peut obtenir le mécanicien dans des conditions données de température. On peut dire que la seconde loi de la thermodynamique fut d'abord déduite à l'aide des mathématiques, et qu'aujourd'hui on l'exprime le plus clairement en employant des coefficients différentiels partiels. Les deux noms les plus notables attachés au développement de la seconde loi de la thermodynamique en harmonie avec la première sont ceux de lord Kelvin et de Clausius ; ils ont tous deux traité le sujet sous une forme mathématique non compréhensible à

(1) *Institution of Electrical Engineers*, 13 novembre 1884.

(1) *Institution of Electrical Engineers*, 13 novembre 1884.

Digitized by Google

ceux qui n'ont pas bénéficié d'une instruction mathématique solide.

On pourrait multiplier presque indéfiniment les démonstrations de ce genre. Elles montrent que l'avancement de la science de l'ingénieur a été aidé dans une grande mesure par les travaux des mathématiciens appliquant directement les méthodes de calculs supérieures aux problèmes industriels. Elles montrent également comment le respect trop strict des formules peut être dangereux, et comment les mathématiques peuvent devenir un mauvais maître. Dans les problèmes de Saint-Venant nous avons un exemple des résultats erronés que peut donner l'application de résultats plus anciens dans des cas où les hypothèses fondamentales ne sont pas justifiées. Les exemples indiquent aussi le remède, qui consiste en une application plus complète des méthodes mathématiques. L'erreur est celle que fera une personne se servant d'une formule sans en connaître le mode de déduction. Uu praticien ignorant les résultats mathématiques peut éviter ou non l'erreur de supposer qu'un arbre triangulaire soumis à une torsion, commencerait par se rompre aux angles ; le mathématicien à demi instruit tomberait certainement dans le piège que lui auraient fait éviter des connaisssances mathématiques plus complètes.

Il y a un autre inconvénient à l'emploi de résultats empruntés, par exemple, à un formulaire par ceux qui ne peuvent connaître l'origine et la base de ces résultats. L'éducation de l'ingénieur en est compromise. L'observation stricte qui permettait aux anciens ingénieurs de proportionner leurs moyens aux buts à atteindre, était sans doute très laborieuse, et les résultats n'en pouvaient être appliqués à des cas très différents, mais l'effet produit sur le caractère de l'ingénieur était considérable. De même, la compréhension sérieuse de la théorie d'un problème rend un homme capable de saisir d'autres problèmes, et de plus, elle lui offre souvent l'avantage de pouvoir les traiter par le même raisonnement mathématique. L'emploi inintelligent d'une formule fait perdre ces avantages, ne contribue pas au développement de l'esprit et ne fournit aucun aide pour résoudre des problèmes similaires par leur forme, mais différente par leur substance.

Mais même l'emploi du calcul par des mathématiciens compétents, n'est pas sans inconvénients. Le raisonnement est toujours analytique, en ce sens que l'attention est concentrée sur certains faits et que d'autres sont négligés pour le moment. Par exemple, en s'occupant de la thermo-dynamique de la machine à vapeur, on omet quelquefois de considérer des points très vitaux, essentiels pour le bon fonctionnement de la machine, tels que les questions de résistance de certaines parties, de lubréfaction, de commodité des réparations. Mais pour réussir, l'ingénieur doit considérer tous les éléments nécessaires; il doit avoir une sorte d'instinct pratique qui l'avertisse des imperfectons trop prononcées de la machine. Son esprit ne doit pas être seulement analytique, afin qu'il n'ignore aucun point à considérer et qu'il ne commette pas des erreurs, que le praticien le plus simple éviterait presque instinctivement.

D'autre part, la puissance du mathématicien le plus fort étant limitée, il existe une certaine tendance à vouloir adopter les faits à la convenance des mathématiques, et à admettre que les conclusions ont plus d'exactitude que les prémisses dont elles sont déduites. C'est là un défaut que l'on rencontre dans d'autres applications des mathématiques à la science expérimentale. Pour rendre le sujet commode à traiter, on trouve, par exemple, dans la science du magnétisme, la supposition osée que l'aimantation d'une substance magnétique est proportionnelle à la force magnétisante; le rapport a reçu un nom spécial et des conclusions sont tirées de cette hypothèse, alors qu'en fait cette proportionnalité n'existe pas, et que toutes les conclusions sont sans fondement. Chaque fois qu'il est possible de le faire, les déductions mathématiques devraient

Digitized by Google

être fréquemment vérifiées par l'observation ou l'expérience, pour la raison très simple que ce ne sont que des conclusions et que leurs prémices peuvent être inexactes ou incomplètes. Nous devons toujours nous rappeler que nous ne tirons du moulin mathématique plus que nous y mettons, quoique nous puissions obtenir le produit sous une forme infiniment plus utile pour le but cherché.

Les ingénieurs considèrent leur profession à des points de vue très différents; quelques-uns n'y voient qu'un moyen de faire de l'argent; quelques-uns l'envisagent comme un instrument d'amélioration de la race, tandis que d'autres s'y intéressent parce qu'ils se plaisent à voir grossir la somme de nos connaissances. Il en est exactement de même pour la profession médicale; quelques-uns servent les patients pour les guinées qu'ils reçoivent, d'autres donnent la première place à des motifs de bienfaisance, tandis que d'autres aiment leur profession pour la joie que procurent les découvertes sur ce domaine.

En ce qui concerne la première catégorie d'ingénieurs, je ne doute pas qu'un peu d'habileté dans la direction d'un conseil d'administration ou d'une commission du Parlement est bien plus utile qu'un gros bagage de mathématiques. Laissons-le diriger son conseil et acheter son mathématicien, et il est très probable qu'il fera plus d'argent que le mathématicien ou que toute autre personne instruite qu'il emploiera. Mais nous ne pouvons tous faire fortune dans cette voie. Dans l'avenir, il est vraisemblable que les hommes instruits auront plus à travailler, et recevront moins, et il est consolant que leur travail puisse leur plaire, ce à quoi ils arriveront d'autant mieux, en se rendant compte de la raison d'être de chaque chose, et en se sentant indépendants par l'opinion personnelle qu'ils sont capables de se faire. C'est ce qui ne peut être atteint, comme le dit sir John Herschel, que par une « connaissance saine et suffisante des mathématiques, le grand instrument de toutes les recherches exactes, sans lequel personne ne saurait faire de progrès suffisants dans le domaine de la science, pour se former une opinion indépendante sur tous les sujets de discussion ».

Après tout, dans toutes les branches de la science pure ou appliquée, la plus haute satisfaction provient toujours de l'accomplissement de ce que personne encore n'a pu faire, de la découverte de ce que personne ne connaissait auparavant. Lorsqu'une branche des arts ou des sciences cesse d'avancer et devient simplement l'application de principes connus dans des buts connus, cette branche d'occupation perd son charme jusqu'à une nouvelle période de trensformation. Pour effectuer de tels progrès il est facile de montrer que les mathématiques constituent l'instrument nécessaire. Dans ce champ d'activité il n'y a pas d'inconvénient à ce que l'esprit du novateur soit trop analytique; il peut s'occuper d'un seul aspect d'un problème, et la valeur de sa solution ne sera pas amoindrie du fait que les détails n'auront pas été traités.

Quelques-uns d'entre vous qui aimez l'intérêt s'attachant aux progrès de la science et de la pratique, peuvent songer à l'avenir avec une certaine tristesse, parce qu'ils pourraient entrevoir une époque où tout serait fait et connu et où le travail de l'ingénieur ne serait plus que l'application de principes découverts par ses prédécesseurs. Ce serait un état bien moins intéressant que l'époque actuelle de constante transformation où l'expérience d'il y a dix ans est dans beaucoup de cas rendue sans valeur par des découvertes récentes. Mais nous n'avons pas à craindre qu'un pareil état de pétrification arrive jamais tant que, tout en vénérant les inventeurs qui ont ajouté à nos connaissances, nous nous efforcerons de remplacer leurs méthodes par de meilleures. Nos connaissances seront toujours limitées, mais le domaine de l'inconnu est illimité. Plus étendue sera la sphère de nos connaissances et plus grande sera la surface de contact avec notre infinie ignorance.

A. H.

Digitized by Google

CHRONIQUE

Nous donnons ci-dessous la liste des mémoires sur des sujets d'électricité présentés cette année au Meeting de l'Association britannique, à Oxford.

SECTION A.

Lord Kelvin, Magnus Maclean et *Alexander Galt.* — Expériences préliminaires pour rechercher s'il y a électrisation lorsqu'on enlève l'eau à l'air.

Lord Kelvin et *Alexander Galt.* — Expériences préliminaires faites pour comparer les décharges d'une bouteille de Leyde à travers les différentes branches d'un circuit multiple.

Prof. O.-J. Lodge. — Pertes photo-électriques.

Prof. O.-J. Lodge. — Théorie électrique de la vision.

Prof. O.-J. Lodge. — Expériences démontrant la théorie de la lumière de Maxwell.

Prof. A. Schuster. — Sur une explication possible de la variation séculaire du magnétisme terrestre.

Prof A. Schuster. — Sur la construction de galvanomètres sensibles.

Lord Rayleigh. — Sur le courant minimum audible au téléphone.

Lord Rayleigh. — Essai d'une théorie quantitative du téléphone.

Prof. S.-P. Thompson. — Sur des miroirs de magnétisme.

Prof. C.-G. Knott. — Sur les changements de volume accompagnant l'aimantation de tubes de nickel.

A.-P. Trotter. — Sur un transformateur graphique.

H. Stansfield. — Sur la relation entre la conductibilité électrique de pellicules de savon et le gaz ambiant.

Dr Adolph Schmidt. — Sur une nouvelle représentation analytique du magnétisme terrestre.

Francis-G. Baily. — Note sur l'hystérésis du fer et de l'acier dans un champ magnétique tournant.

Prof. J.-J. Thomson. — Sur la vitesse des rayons cathodiques.

A.-G. Vernon-Harcourt. — Sur une lampe au penthane de dix bougies.

Dr G. J. Stoney. — Comment le mauvais usage du mot « force », dans l'attraction, l'électricité et le magnétisme peut être évité sans trop s'éloigner de la pratique actuelle.

Dr G. J. Stoney. — Sur une nomenclature facilitant l'emploi de mesures systématiques.

Prof. Viriamu Jones. — Détermination en mesure absolue de l'ohm international.

Prof. Viriamu Jones. — Sur des étalons de petite résistance électrique.

R.-T. Glazebrook. — Comparaison de quelques bobines de faible résistance avec les unités B. A.

J. Rennie. — Comparaison des étalons du Board of Trade avec l'unité B. A.

E.-O. Walker. — Comparaison de quelques étalons appartenant au gouvernement de l'Inde.

Rev. T.-C. Fitzpatrick. — Sur les résistances spécifiques du cuivre et de l'argent.

J. Teichmüller. — Sur la conductibilité spécifiques du cuivre.

Rapport du Comité des étalons électriques.

Discussions sur les intégrateurs, analyseurs harmoniques et intégraphes et sur leur application aux problèmes de physique, ouverte par le *Prof. Henrici.*

SECTION B.

Prof. Roberts-Austen. — L'électrolyse du verre.

Rapport du Comité sur les méthodes électrolytiques d'analyse quantitative.

Discussion sur l'électrisation des gaz et sur l'influence de l'humidité dans les réactions, ouverte par le *Prof. J.-J. Thomson.*

SECTION G.

W. H. Preece. — Transmission de signaux à travers l'espace.

Prof. S.-P. Thompson. — Quelques avantages des courants alternatifs.

T. Parker. — Distribution par courant continu à haute tension. Description de l'éclairage de la ville d'Oxford.

H. Lea. — Sur un chronographe.

G. M. Clark. — Pyromètre au platine à lecture directe.

SECTION I

Prof. O.-J. Lodge et *Prof. Gotch.* — Quelques effets physiologiques du passage de courants

Digitized by Google

alternant rapidement et de grande intensité à travers les nerfs.

G.-J. Burch. — Sur la production à l'aide de l'électromètre capillaire d'inscriptions photographiques de courants produits par la parole dans un téléphone.

L'automne dernier une commission fut nommée en Suède à l'effet d'examiner l'importante question de l'utilisation de la chute d'eau de Trollhaettan; cette commission a déposé récemment sont rapport.

Le roi de Suède possède des terrains aux bords du fleuve ainsi que plusieurs îles. La commission a très exactement déterminé la force motrice dont dispose le roi : elle n'est pas inférieure à 49000 chevaux. Le rapporteur propose au gouvernement l'utilisation de 20000 chevaux, et d'établir deux stations électriques indépendantes de 10000 chevaux chacune, la seconde ne devant toutefois être construite qu'après l'utilisation complète de la première.

Sur l'île de Gulloe serait installée la première station génératrice qui disposerait d'un débit de 74 mètres cubes par seconde. L'eau serait amenée dans le roc et arriverait aux turbines par un tunnel de 235 mètres de longueur. Elle serait ensuite évacuée en aval de l'île de Stora Toppoe. La chute effective serait de 1,45 mètres. Le débit de 74 mètres cubes par seconde serait partagé entre 10 turbines, qui, avec un rendement moyen de 72,5 o/o fourniraient les 10000 chevaux que des génératrices à courants alternatifs avec transformateurs débiteraient à la tension de 15000 volts.

Une fois cette puissance entièrement utilisée une seconde station d'égale puissance serait établie à l'île de Spikoen qui utiliserait les eaux de la chute du Nolstroem. Ici, la hauteur de chute utile serait de 16 mètres, ce qui permettrait, avec neuf turbines et un débit de 66 mètres cubes par seconde, de créer 10000 chevaux.

Quant à l'utilisation de cette force motrice, on espère que des établissements industriels ne tarderont pas à se créer dans le voisinage; mais on pourrait, en tout cas, envoyer 5000 chevaux à Gothenbourg, ville qui met en œuvre 6500 chevaux dans ses différentes industries, et qui trouverait un avantage sérieux dans le prix de 112 francs par an que coûterait le cheval électrique.

Les évaluations des dépenses ont été faites pour les trois cas suivants :

1° Transmission de 3000 chevaux à Stallbacha, avec une station réceptrice;

2° Transmission de 5000 chevaux à Gothenbourg, avec deux stations réceptrices;

3° Transmission de 10000 chevaux à Gothenbourg, avec trois stations réceptrices.

Les dépenses d'installation seraient dans les trois cas 1° 1,175,000 francs; 2° 2,150,000 francs; 3° 3,675,000 francs. Outre l'intérêt à 4 o/o du capital, les bénéfices nets seraient respectivement de 4,82; de 7,8 et 10,55 o/o.

Le Conseil municipal de Glasgow a décidé d'éclairer électriquement les tramways de la ville. Deux lampes éclaireront l'intérieur et, innovation intéressante, deux autres lampes placées extérieurement permettront aux voyageurs d'impériale de lire les journaux du soir, comme s'exprime *Engineering*.

Le tannage électrique, dont les différents procédés ont fait l'objet d'études et d'articles de notre collaborateur M. A. Rigaut, a été introduit depuis quelque temps en Suisse. Une grande tannerie établie par M. Jules Rod, à Orbe (Suisse), se propose d'employer le tannage électrique d'après le procédé Groth. Le professeurs W. C. Unwin du Central Technical College de Londres, vient de faire de nombreuses expériences sur des cuirs obtenus par ce procédé. Nous résumons ses résultats dans les deux tableaux suivants dans lesquels les numéros 1 et 2 se rapportent à deux échantillons tannés en 5 semaines par le procédé Groth, et les autres à des produits de différentes tanneries.

Résistance à la traction

N°	Dimensions en cm.		section en cm²	charge maxima en kg.	Résistance en kg = cm²
	larg.	épaiss.			
1	7,70	0,630	4,85	1520	314
2	7,75	0,645	5,00	1713	342,6
3	7,83	0,597	4,68	1340	286
4	7,83	0,585	4 59	965	210
5	8,00	0,625	5,00	1970	394
6	8,10	0,670	5,43	1630	300

Digitized by Google

Allongement du cuir

Charge en kg.	Allongement en cm. par mètre					
	1	2	3	4	5	6
254	5,1	4,5	4,9	6,8	13,2	8,0
508	10.4	8,8	7,5	11,1	19,6	13,1
762	14,4	12,4	11,6	15,6	24,3	16,3
1015	18,6	15,7	15,1	—	28,0	20,5
1270	22,2	19.2	19,4	—	—	—
1520	—	22,2	—	—	—	—

Si l'on porte la charge en abscisses et l'allongement en ordonnées, on obtient pour les nos 1 et 2 une relation exprimée par une droite, tandis que toutes les autres courbes présentent une courbure plus ou moins prononcée, ce qui semble indiquer que le procédé électrique d'après le système Groth produit un tannage plus uniforme dans toute l'épaisseur de la peau.

L'*Electrical World* appelle l'attention sur l'application des résonateurs acoustiques, pour remplacer les sonneries électriques ordinaires à trembleur. Le but est de substituer au bruit quelquefois désagréable de ces sonneries, un son musical comme le son d'un diapason. La sonnerie ne serait formée que d'un timbre, et d'une armature fixe munie d'une bobine. Un courant périodique de même période que celle du timbre, mettrait celui-ci en vibration sonore.

La sonnerie elle-même serait ainsi très simple et indérangeable ; mais, à moins que l'on emploie une petite magnéto à main, il faut intercaler dans le circuit un interrupteur produisant les interruptions périodiques voulues. La complication semble donc simplement reportée sur cet organe.

Dans les hôpitaux, les banques et dans les maisons particulières, ce genre de signal d'appel peut avoir son utilité.

Pour l'amalgamation des zincs de piles M. Oppermann recommande dans l'*Electrochemische Zeitschrift*, le mode opératoire suivant. On fait une solution presque saturée de sulfate de mercure neutre dans l'eau, en ajoutant l'acide sulfurique nécessaire pour opérer la dissolution. On mélange cette solution avec de l'acide oxalique jusqu'à obtenir une masse crèmeuse grisâtre ; on y ajoute encore un peu de sel ammoniac, et on enduit les zincs de cette mixture, après quoi on les frotte fortement.

Des zincs ainsi amalgamés résistent bien mieux aux acides et aux sels que ceux amalgamés par le procédé ordinaire. Il faut les sécher, si on ne s'en sert pas tout de suite.

Le Japon possède actuellement onze Compagnies d'éclairage électrique, au capital réalisé de 8,235,000 francs, et au capital nominal de 12,385,000 francs.

On sait que pour un câble de longueur donnée la transmission est d'autant meilleur que la section du conducteur est plus grande. Aussi emploie-t-on dans les nouveaux câbles sous-marins beaucoup plus de cuivre que dans les anciens. Voici, par exemple, d'après *The Electrician*, les données principales de quatre câbles de l'Anglo-American Company.

Date de la pose	Kg. de cuivre par mille	Longueur en miiles	Vitesse de transmission en mots par minute
1865	135	1900	20
1873	180	1885	30
1874	180	1885	30
1894	295	1847	45

Le poids de gutta-percha par mille est resté le même pour les quatre câbles, de 180 kg. On voit que l'on a plus que doublé la section du cuivre, ainsi que la vitesse de transmission. On pourrait agir également sur la capacité ; mais pour la diminuer dans un certain rapport, il faudrait augmenter le poids de gutta dans un rapport beaucoup plus grand, et comme cette matière est environ dix fois plus chère que le cuivre, on n'a pas d'avantage à augmenter l'épaisseur du diélectrique.

Le Conseil municipal de Genève a décidé de placer trois alternateurs biphasés à la nouvelle station hydraulique située à huit kilomètres de Genève. Ces machines construites par la Com-

Digitized by Google

pagnie de l'Industrie électrique, seront couplées directement avec les turbines. Chaque machine aura une puissance de 1200 chevaux à la vitesse angulaire de 80 tours par minute.

La Hongrie est un des pays les mieux partagés au point de vue de la téléphonie interurbaine. De nombreuses villes sont déjà réliées par des lignes téléphonique, et on prête au ministre du commerce l'intention de créer un véritable réseau d'intercommunication entre toutes les grandes villes hongroises avec Budapest pour centre. Ce projet doit, si le parlement hongrois vote les crédits, être réalisé dans deux ou trois ans.

La « General Electric Company » a été chargée de l'équipement électrique du Métropolitain aérien de Chicago. La station centrale comportera deux groupes générateurs de 1500 kilowatts et deux autres de 800 kilowatts chacun. 55 voitures automobiles seront pourvues chacune de deux moteurs de 100 chevaux. Comme la longueur des trains sera augmentée plus tard, on réserve sur les voitures motrices l'emplacement nécessaire pour deux autres moteurs de même puissance.

L'éclairage des pièces à l'aide de lampes à arc renversées, n'expose à la lumière directe que le plafond, tandis que le reste de la pièce est éclairée par de la lumière réfléchie et diffuse. L'effet est très agréable, mais il y aurait dans la pratique, d'après des expériences de M. Nerz, un inconvénient. Le charbon positif étant en bas, toutes les cendres se rassemblent dans le cratère et font brûler l'arc irrégulièrement. Ce mode d'emploi de l'arc nécessiterait donc des charbons plus purs que ceux qu'on produit aujourd'hui.

Dans *Dinglers Polytechnisches Journal*, dit la *Revue universelle*, M. Vogt s'élève contre l'emploi assez répandu aujourd'hui du pétrole comme désincrustant des chaudières à vapeur. On sait comment se pratique l'opération. La chaudière étant vidée et refroidie, on badigeonne ou on arrose au moyen d'une lance au pétrole toutes les parties recouvertes par les incrustations. Lorsqu'on remplit ensuite la chaudière et qu'on la met en pression, les composés volatils du pétrole ne tardent pas à s'évaporer en désagrégeant les dépôts de tartre qui vont tomber au fond de la chaudière d'où on les enlève par un lavage.

On voit que l'action du pétrole est entièrement mécanique et il est facile de se rendre compte des inconvénients que possède ce mode opératoire. Tout d'abord il est arrivé plusieurs fois, et M Vogt cite notamment deux cas où les ouvriers ont été grièvement blessés, que le chauffeur n'a pas eu la précaution d'attendre que la chaudière fût complètement refroidie. Le pétrole projeté à l'intérieur s'est volatilisé en partie et au moment où l'opérateur approchait une lumière pour s'assurer que tous les dépôts avaient été bien arrosés, il provoquait l'inflammation des gaz et était brûlé plus ou moins grièvement.

D'autre part, avec les chaudières à foyer extérieur, il arrive que le dépôt au fond, c'est-à-dire la paroi la plus exposée à la flamme, des incrustations détachées par le pétrole, donnent lieu à des coups de feu si l'on n'a pas soin d'enlever ces dépôts au fur et à mesure de leur production.

Pour toutes ces raisons, il paraît prudent de renoncer à l'emploi du pétrole comme désincrustant.

D'après le *Petit Journal*, la ville de Chicago serait pourvue depuis quelque temps d'un service de fiacres électriques. Ces fiacres seraient à accumulateurs placés sous le siège du conducteur, et la vitesse atteinte serait de quinze à vingt kilomètres à l'heure.

On se rappelle qu'on a déjà proposé plusieurs fois de doter les voitures d'un moteur électrique actionné par des accumulateurs, mais jusqu'ici les essais n'ont pas donné des résultats satisfaisants. Dans le concours de voitures automobiles organisé, il y a quelque temps, par le *Petit Journal*, aucune des voitures mues par des moteurs électriques n'a pu arriver à l'épreuve définitive. C'est principalement et presque uniquement le poids considérable des accumulateurs qui fait obstacle à ce genre d'application. Espérons qu'on ait pu vaincre cet écueil à Chicago.

D'autre part, M. H. de Graffigny a réalisé, il y a quelque temps, avec succès, croyons-nous, un tricycle à accumulateurs, mais il ne s'agissait dans ce cas, que d'un transport de deux personnes au plus, dans un tricycle non couvert.

Le Gérant : L. DENNERY.

Imprimerie ALCAN-LEVY, 24, rue Chauchat, Paris

Digitized by Google

1re Année Samedi 20 Octobre 1894 N° 6

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITE

3, RUE RACINE, PARIS

Directeur P. H. LEDEBOER, Docteur ès-sciences

SOMMAIRE. — Inductance des lignes aériennes pour courants alternatifs, par A. Blondel. — Le platine et ses métaux à l'Exposition d'Anvers, E. Andreoli. — L'électricité à l'Exposition de Lyon, Ch. Jacquin. — Extraits de la presse industrielle. Communications.Compteur de la Compagnie Continentale. — Influence de la circulation sur la puissance d'évaporation de chaudières à bouilleurs, par John J. Thornycroft. — Circuits communs pour téléphones et appareils Morse, par W. Christiani. — Sur la possibilité de dériver d'un réseau à courants alternatifs à la terre un courant de sens invariable, par le major P. Cardew. — Parafoudre Engelmann pour circuits téléphoniques. — Voltmètre à grande échelle de lord Kelvin — Voltmètre aperiodique Knowles (1894). — Contact Tyer (1893). — Quelques avantages des courants alternatifs, par S.-P. Thompson. — Revue des Sociétés savantes et des publications scientifiques. Le Meeting de Brooklyn de l' « American Association for the Advancement of science ». J. B. — La chaleur de dissociation d'après la théorie électrochimique, par H. Ebert. — Sur quelques phénomènes d'électrolyse et de polarisation, par Tito Martini. — Appareil simple pour la reproduction des effets Tesla, par H. M. Martin et W. H. Palmer. — Résonance et interférence électriques, par John Trowbridge. — Correspondance. — Chronique.

INDUCTANCE DES LIGNES AÉRIENNES POUR COURANTS ALTERNATIFS

But de cette étude

Quand une ligne de grande longueur est parcourue par un courant continu, elle donne lieu, comme on le sait, à une perte de voltage proportionnelle à sa résistance et à l'intensité du courant. Rien n'est donc plus facile que d'évaluer cette perte à l'avance et d'en déduire la tension nécessaire au départ pour réaliser un voltage donné à l'arrivée, en même temps que le rendement de la transmission.

Les conditions sont toutes différentes lorsqu'il s'agit de courants alternatifs : la résistance de la ligne permet bien encore d'évaluer le rendement de la transmission, mais non plus la différence entre les voltages d'arrivée et de départ. La chute de tension apparente est en général plus grande que ne l'indique la résistance et ce fait provient de la *réactance* de la ligne. Cet effet se produit non seulement dans les lignes à 2 fils, mais aussi dans les lignes à fils multiples servant au transport des courants polyphasés.

La réactance provient en général, pour la part la plus importante, des effets d'induction qui s'exercent entre les fils (1).

Toutes les fois qu'il s'agit de transmettre de l'énergie électrique sous forme de courants alternatifs par lignes aériennes, on doit donc tenir compte de l'inductance de ces lignes, et en tous cas se préoccuper d'en apprécier à l'avance l'ordre de grandeur.

Comme il n'a été publié jusqu'ici aucune donnée relativement aux lignes polyphasées, il m'a paru intéressant d'indiquer les formules applicables dans les cas les plus fréquents et de *comparer*, à ce point de vue, les différents systèmes de courants alternatifs, ce qui n'a pas encore été fait.

Je rappelle d'abord, et simplement à titre d'introduction, les résultats connus pour les lignes monophasées.

(1) Les phénomènes de capacité interviennent aussi dans la valeur de la réactance; mais je les laisserai de côté dans cette étude, au moins provisoirement, ne voulant pas compliquer la question de l'inductance qui est déjà assez complexe, comme on le verra.

Digitized by Google

LIGNES MONOPHASÉES

Une ligne monophasée est constituée par deux conducteurs parallèles, l'un pour l'aller, l'autre pour le retour. Soit a_1 et a_2 les rayons des deux conducteurs supposés cylindriques et d la distance de leurs axes. En supposant, d'une part, leur perméabilité μ constante et d'autre part leur section assez faible pour que la densité de courant soit uniforme dans toute son étendue (condition réalisée presque toujours pour les conducteurs aériens), l'inductance de la double ligne se traduit par un coefficient de self induction ayant pour expression.

$$(1) \qquad L = 2\left[\frac{\mu}{2} + \mu_0 L \frac{d^2}{a_1 a_2}\right]$$

L étant le symbole des logarithmes népériens et μ_0 la perméabilité du milieu.

Cette formule théorique a été démontrée par Maxwell en calculant l'énergie W du système à chaque instant (1) et en en déduisant

$$(2) \qquad L = \frac{W}{\frac{1}{2} I^2}$$

M. Vaschy en a donné une autre démonstration (2), d'une forme moins générale, en calculant le flux Φ embrassé par la boucle, d'où

$$(3) \qquad L = \frac{\Phi}{I}$$

Je donnerai plus loin, incidemment, une troisième forme de démonstration en calculant la force électro-motrice instantanée e dans chaque conducteur d'où

$$(4) \qquad L = \frac{2e}{\frac{dI}{dt}}$$

La formule de Maxwell a reçu une vérification expérimentale complète et très satisfaisante, au moins en ce qui concerne les fils de cuivre, grâce aux mesures très précises de M. Massin, ingénieur des télégraphes (1), qui a fourni à plusieurs reprises sur ce sujet des documents du plus haut intérêt, s'appliquant aux conditions mêmes de la pratique.

Plus récemment en Amérique, M. Kennelly (2) a appliqué la même formule au calcul de l'impédance des lignes, en vue de leurs usages au transport de l'énergie, et il a dressé à ce sujet des tables très détaillées. Il a vérifié l'exactitude de ces tables, et par suite aussi de la formule de Maxwell, par plusieurs expériences sur des fils de cuivre parcourus par des courants alternatifs.

En ce qui concerne les *lignes en fer*, la vérification ne peut être qu'approximative, parce que la perméabilité des fils varie dans une large mesure avec l'intensité du courant, et que la densité de celui-ci ne peut plus être considérée comme uniforme dès que le diamètre du fil dépasse 2 ou 3 mm., par suite de la pénétration imparfaite des courants à variations rapides. Pour de très faibles courants et des fils de 3 mm. espacés de 0,46 m. M. Massin a obtenu

$$L = 0{,}016 \text{ henry}$$

d'où

$$\mu = 137.$$

---

(1) Traité d'électricité, de Maxwell, t. II. Conducteurs cylindriques.

Je dois signaler en passant, pour éviter toute confusion aux lecteurs que certains traités donnent la formule erronée

$$L = 2\mu_0 L d^2 - 2\mu L a_1 a_2 + \mu$$

au lieu de la formule exacte

$$L = 2\mu_0 L d^2 - 2\mu_0 L a_1 a_2 + \mu.$$

La substitution de μ à μ_0 dans le second terme n'entraîne aucun inconvénient s'il s'agit de fils de cuivre, mais elle donne lieu à une erreur considérable s'il s'agit de fils de fer. En l'appliquant par exemple à la ligne de fer étudiée par M. Massin, on trouverait L = 118 millihenrys au lieu du chiffre expérimental 16 millihenrys.

(2) Vaschy. Traité d'Electricité.

(1) Annales télégraphiques, 1891, p. 343, 1893, p. 315.

(2) « Impedance » by A. E. Kennelly. Am. Inst. of Electr. Eng., 18 avril 1893 et Lumière Electrique, année 1893.

Digitized by Google

M. Kennelly a fait une série plus complète de mesures avec des courants alternatifs sinusïodaux et a mis en évidence les rapides changements de la perméabilité en fonction de l'intensité. Il est arrivé à cette conclusion que pour des fils de fer de diamètre au plus égal à 2 mm. et des courants faibles, comme ceux employés en télégraphie, on peut en général admettre $\mu = 150$, chiffre qui concorde assez bien comme on le voit avec celui de M. Massin.

On écrit alors pratiquement

$$L = 150 + 2L \frac{d^2}{d_1 d_2}$$

Dans la pratique des courants alternatifs industriels, l'effet le plus intéressant de l'inductance des lignes, c'est, comme on l'a dit déjà, *la perte de voltage* qui en résulte. La chute de potentiel le long d'une ligne alternative n'est plus, comme avec les courants continus, égale au produit du courant par la résistance; elle n'est pas davantage égale au produit de l'impédance de la ligne par le courant, comme le prétendent encore certains aide-mémoires. Mais elle est une fonction complexe du courant et du circuit tout entier; pour la déterminer sans faire d'hypothèse sur celui-ci, le plus commode est de supposer que le courant suit la loi harmonique et de se donner l'intensité et la tension à l'arrivée (1) ainsi que leur décalage. Celui-ci n'est égal à zéro que si l'on alimente des récepteurs sans induction, mais il ne monte guère aujourd'hui au-dessus de la valeur qui rend le facteur de puissance cos φ égal à 0,70.

Représentons (fig. 1) toutes les fonctions harmoniques graphiquement à la manière ordinaire : soit OD = U la différence de potentiel efficace entre les deux fils à l'arrivée et OJ = I le courant efficace retardant de l'angle φ. La perte ohmique RI peut se représenter par une petite droite AB parallèle à I et la f. é. m. réactive ωU par un segment perpendiculaire BC. L'hypothénuse AC du petit triangle ABC représente la résultante de ces deux tensions: c'est le double de la différence de potentiel qu'on trouverait entre les deux extrémités d'un même fil : elle est égale au produit de l'intensité par l'impédance K qui a, comme on le sait pour définition

$$\sqrt{R^2 + \omega^2 I^2} = K$$

Il suffit de la porter parallèlement à elle-même à partir de D pour que la résultante OD' représente le voltage entre les fils *au départ* U'.

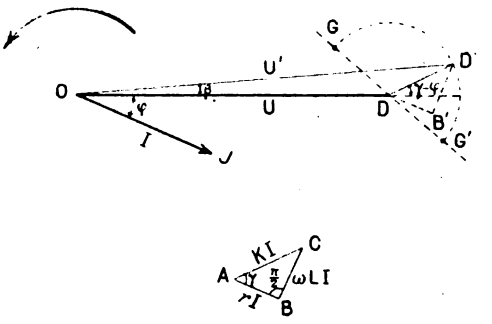


Fig. 1

La chute de voltage, c'est-à-dire la différence des tensions au départ et à l'arrivée, a pour valeur d'après la figure

$$(5) \quad \Delta = U' - U = \sqrt{U^2 + KI^2 + 2UKI\cos(\gamma - \varphi)} - U$$

Il est facile de voir qu'elle peut varier entre des limites étendues suivant la valeur de φ. Celle-ci, théoriquement pourrait aller de $+\frac{\pi}{2}$ à $-\frac{\pi}{2}$, et sur la figure l'extrémité D' du secteur U' pourrait se déplacer corrélativement sur tout un demi cercle GG'.

Le maximum de Δ aura lieu évidemment pour le décalage

$$(6) \quad \varphi = \gamma = \text{arc tg} \frac{\omega L}{R}$$

et aura pour valeur KI.

(1) Je choisis la tension à l'arrivée comme donnée plutôt que la tension au départ, parce que cette hypothèse est celle qui correspond le mieux aux conditions de la pratique; ce qu'on impose en effet, en général, à une entreprise c'est le voltage de distribution et non le voltage à l'usine. Je suivrai la même marche aussi pour les courants polyphasés.

Digitized by Google

Le produit de l'impédance d'une ligne par le courant n'indique donc que le *maximum* possible de la chute de voltage ; mais pratiquement ce maximum n'est pas atteint dans les lignes à forte inductance, et il est inutile en général de supposer à φ une valeur supérieure à 40° ($\cos\varphi = 0{,}77$).

Il n'est donc pas nécessaire, de faire intervenir dans la question l'impédance ni le rapport $\frac{K}{R}$ (auquel M. Kennelly a donné le nom de facteur d'impédance) et il suffit de considérer la résistance ωL quantité plus directement connue. Je remplacerai donc l'expression (5) par la suivante, qui se déduit aussi de la simple considération de la figure

$$U = \sqrt{[U + RI\cos\varphi + \omega LI\sin\varphi]^2 + (\omega LI\cos\varphi - RI\sin\varphi)^2}$$

Cette expression ne contient plus l'impédance et est d'un emploi facile ; je l'appliquerai plus loin à la construction de tables pratiques.

LIGNES POLYPHASÉES

La question est plus compliquée dans le cas des lignes polyphasées, pour deux motifs :

1° Parce que le nombre des conducteurs est plus grand ;

2° Parce que les divers courants ne sont pas indépendants.

Aussi éprouve-t-on une certaine difficulté, non seulement à calculer, mais même à *définir* ce qu'on doit appeler l'inductance d'une ligne polyphasée.

On s'aperçoit une fois de plus à cette occasion du manque de généralité de la définition ordinaire d'un coefficient d'induction, comme « le rapport du flux embrassé par *un circuit* à l'intensité du courant qui le produit » Cette définition qu'on pouvait encore appliquer, au prix d'interprétations subtiles, aux lignes monophasées, devient absolument impossible pour les lignes polyphasées où il n'y a pas de *circuit fermé*. Au contraire, on peut toujours définir l'inductance de *chaque conducteur* en partant soit de l'énergie potentielle soit de la force électromotrice d'induction. Dans ce dernier cas l'inductance est le rapport de la force électro-motrice induite à chaque instant à la variation du courant qui la produit

$$L = \frac{e}{\frac{dI}{dt}} \tag{7}$$

Cette dernière définition qui a été adoptée par le récent congrés de Chicago pour l'*unité de self-induction le Henry* (1) est celle que j'adopterai ici. D'ailleurs la force électro-motrice d'induction dans chacun des conducteurs de la ligne, est la manifestation la plus directe de l'inductance et la plus intéressante dans la pratique.

§ I. FORMULES GÉNÉRALES

Pour calculer la force électromotrice induite à chaque instant t dans un conducteur mince, où l'on peut supposer la densité de courant constante dans toute la section, il suffit d'appliquer les équations du champ électromagnétique. Tous les conducteurs étant parallèles les lignes de force de tous leurs champs sont perpendiculaires à leur direction commune et n'ont pas de composante parallèle.

En un point m de l'espace, où la perméabilité est μ, l'induction produite par un courant filiforme I situé à la distance r se réduit à une composante perpendiculaire ayant pour valeur

$$B = \frac{2\mu I}{r}$$

et la force électromotrice *totale* H, induite par la disparition du courant, se réduit à une composante parallèle aux conducteurs, dont la valeur, comptée *dans le sens du courant I*, est donnée par l'équation différentielle

$$\frac{\partial H}{\partial r} = -B$$

D'où

$$H = H_0 - \int_{r_0}^{r} B\,dr \tag{8}$$

(1) Le « Henry » est l'inductance d'un circuit ou portion de circuit dans lequel une variation d'intensité de 1 ampère par seconde produit une force électro-motrice de 1 volt.

Digitized by Google

La force électromotrice totale en un point m d'un des conducteurs a_p par exemple, s'obtient en faisant la somme de toutes les expressions semblables obtenues pour l'effet de chaque élément filiforme des n courants en présence.

Ceux-ci peuvent se diviser en deux catégories : d'une part ceux qui traversent le conducteur considéré a_p, d'autre part ceux qui traversent les $n - 1$ autres conducteurs.

Chacun de ces derniers produit une induction

$$B = \frac{2\mu_0 I}{r}$$

r étant la distance de m à l'élément filiforme, I le courant de celui-ci, et μ_0 la perméabilité de l'air; d'où les valeurs correspondantes de H, H'...

$$(9) \qquad H = H_0 - 2\mu_0 I L \frac{r}{r_0}$$

$$H' = H'_0 - 2\mu_0 I L \frac{r'}{r_0}$$

$$H'' = H''_0 - 2\mu_0 I L \frac{r''}{r_0}$$

Si l'on admet que lors d'une diminution progressive d'un courant, les lignes de force qui l'entourent vont en se resserrant jusqu'à résorption complète, chaque terme H représente simplement le flux dû à chaque courant qui coupe le filet rectiligne passant par le point considéré m pendant cette résorption.

Quant au courant qui traverse le conducteur a_p lui même, il produit à l'extérieur un champ

$$B = 2\mu_0 I_p$$

et à l'intérieur

$$B = 2\mu_1 I_p \frac{r}{a^2}$$

r étant la distance du point considéré à l'axe du conducteur et μ_1 la perméabilité du conducteur. On a donc en intégrant à partir d'un point extérieur

$$(10) \qquad H^{(p)} = H_0^{(p)} - 2\mu_0 I_p L \frac{a_p}{r_0} + 2\mu_1 I_p \frac{(a^2_p - r^2_p)}{a^2}$$

Dans toutes ces intégrations nous avons pris la même valeur pour r_0. On a donc finalement, en faisant la somme,

$$(10) \qquad \Sigma H = \Sigma H_0 + 2\mu_0 L r_0 \Sigma I - 2\mu_0 \Sigma I L r - 2\mu_0 I_p L a_p + 2\mu_1 I_p \frac{a^2_p - r^2_p}{a^2_p}$$

La somme algébrique de tous les courants I est *nulle* à chaque instant; le second terme est donc nul. Le premier l'est également, car on peut toujours prendre r_0 assez grand pour que H_0 H'_0 etc..... soient tous négligeables.

Il reste donc seulement

$$(11) \qquad X = \Sigma H = -2\mu_0 \Sigma I L r + 2\mu_1 I_p \frac{a^2_p - r^2_p}{a^2_p} - 2\mu_0 I_p L a_p$$

X n'est autre que le flux total qui couperait le filet considéré dans le conducteur I_p, pendant la résorption totale de toutes les lignes de force.

Cherchons maintenant la valeur *moyenne* de X, pour tous les points du conducteur a_p de section totale S_p, c'est-à-dire l'intégrale

$$\int \frac{X\, ds}{S_p}$$

prise dans toute l'étendue du conducteur. En appelant σ, σ' σ''... σ_p les densités de courants dans chaque fil et ds, ds', ds''... ds_p des éléments de surface de chacune de leurs sections, on trouve ainsi

$$(12) \qquad X\,moy = -\frac{2\mu_0}{S_p} \Sigma \int\int \sigma\, ds\, ds_p\, Lr - 2\mu_0 I_p L a_p - \frac{2\mu_1 I_p}{a^2} \int_0^a 2\pi r\, dr\, (a^2_p - r^2)$$

Si l'on appelle d, la moyenne distance géométrique d'un conducteur a au conducteur a_p, on aura finalement.

$$(13) \qquad X\,moy = -2\mu_0 \Sigma (I L d) - \left[2\mu_0 L a_p - \frac{\mu_1}{2}\right] I_p .$$

et par suite la force électro-motrice d'induction instantanée moyenne dans le conducteur a_p

$$(14) \qquad e_p = -\frac{dX}{dt} = 2\mu_0 \Sigma \frac{dI}{dt} L d + \left[2\mu_0 L a_p - \frac{\mu_1}{2}\right] \frac{dI_p}{dt}$$

On peut donc énoncer le lemme suivant :

Digitized by Google

Dans tout système de n conducteurs cylindriques parallèles, transportant des courants ayant une somme constamment nulle, tous les effets d'induction peuvent se calculer en prenant pour coefficient d'induction mutuelle entre deux conducteurs quelconques a *le produit par* $2\mu_0$ *de leur moyenne distance géométrique*

$$M = -2\mu_0 L d \tag{15}$$

et pour coefficient de self-induction d'un conducteur quelconque a_p *l'expression*

$$L_p = \frac{\mu_1}{2} - 2\mu_0 L a_p \tag{16}$$

Cette conclusion, qui repose tout entière sur l'hypothèse $\Sigma I = o$, est simplement la généralisation de la formule de Maxwell donné pour le cas de deux conducteurs (1) et on retrouve immédiatement celle-ci comme cas particulier.

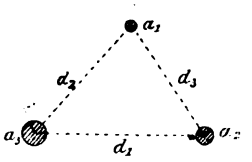


Fig 2.

En effet la somme des forces électro-motrices induites dans les deux conducteurs a_1 a_2 est

$$e = \left[-I_1\frac{dI_1}{dt} - M\frac{dI_2}{dt} + L_2\frac{dI_2}{dt} + M\frac{dI_1}{dt}\right] \tag{17}$$

$$= -\frac{dI_1}{dt}\left[L_1 + L_2 - 2M\right] = -\frac{dI_1}{dt}\left[2\mu_0 L\frac{d^2}{a_1 a_2} + \frac{\mu_1+\mu_2}{2}\right]$$

LIGNES A 3 FILS

Appliquons la formule (14) à chacun des conducteurs a_1 a_2 a_3 (fig. 2).

Si nous posons pour abréger

$$\begin{cases} M_1 = -2\mu_0 L d_1 & M_2 = -2\mu_0 L d_2 & M_3 = -2\mu_0 L d_3 \\ L_1 = -2\mu_0 L d_1 + \frac{\mu_1}{2} & L_2 = -2\mu_0 L d_2 + \frac{\mu_1}{2} & \\ & L_3 = -2\mu_0 L d_3 + \frac{\mu_1}{2} & \end{cases} \tag{18}$$

nous aurons simplement

$$\begin{cases} e_1 = -M_3\frac{di_2}{dt} - M_2\frac{di_3}{dt} - L_1\frac{di_1}{dt} \\ e_2 = -M_1\frac{di_3}{dt} - M_3\frac{di_1}{dt} - L_2\frac{di_2}{dt} \\ e_3 = -M_2\frac{di_1}{dt} - M_1\frac{di_2}{dt} - L_3\frac{di_3}{dt} \end{cases} \tag{19}$$

Il est facile de montrer qu'on peut ramener les 3 termes du second membre à un seul, moyennant quelques hypothèses simples.

Dans ce but, nous distinguerons deux cas : celui des courants triphasés et celui des courants diphasés. Nous supposerons, pour éviter de trop grandes complications, que les courants sont égaux c'est-à-dire les diverses branches également chargées.

1° *Courants triphasés*

La définition d'un système parfait de courants triphasés symétriques, c'est que les 3 courants sont représentés par une même fonction périodique du temps avec la seule différence résultant d'un décalage de phase $2\frac{\pi}{3}$ entre deux quelconques de ces courants.

Posons

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Toute fonction périodique du temps $f(\omega t)$ a pour forme la plus générale une série de Fourier, qu'on peut écrire en abrégé

$$f(\omega t) = \sum_1^\infty J_m \sin(m\omega t - \varphi_m) \tag{20}$$

Un système triphasé de courant a donc pour expression la plus générale

$$\begin{cases} i_1 = f(\omega t) = \sum_1^\infty J_m \sin(m\omega t - \varphi) \\ i_2 = f\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) = \sum_1^\infty J_m \sin\left(m\omega t - \varphi_m + \frac{2\pi}{3}\right) \\ i_3 = f\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) = \sum_1^\infty J_m \sin\left(m\omega t - \varphi_m - \frac{2\pi}{3}\right) \end{cases} \tag{21}$$

(1) On pourrait du reste le démontrer aussi de la même manière en calculant l'énergie potentielle W de chaque courant en présence des autres; on trouverait en effet

$$W = \int\int X\,ds = -2\mu_0 I_p \Sigma(IL d) - \left(2\mu_0 L a_p - \frac{\mu_1}{2}\right)\frac{I_p^2}{2}$$

Digitized by Google

Substituons ces expressions dans l'une des équations (19), la première par exemple. Nous obtenons

$$(22)\quad e_1 = -\sum_1^\infty m\omega\, J_m \left[L_1 \cos(m\omega - \varphi_m) + M_3 \cos\left(m\omega t - \varphi_m + \frac{2\pi}{3}\right) + M_2 \cos\left(m\omega t - \varphi_m - \frac{2\pi}{3}\right)\right]$$

$$= -\sum_1^\infty m\omega J_m \left\{\left[L_1 + (M_2 + M_3)\cos\frac{2\pi}{3}\right]\cos(m\omega t - \varphi_m) + (M_2 - M_3)\sin\frac{2\pi}{3}\sin(m\omega t - \varphi_m)\right\}$$

$$= -\sum_1^\infty m\omega J_m A_1 \cos(m\omega t - \varphi_m - \varepsilon_1)$$

en posant

$$\begin{cases} A_1^2 = \left[L_1 + (M_2 + M_3)\cos\frac{2\pi}{3}\right]^2 + \left[(M_2 - M_3)\sin\frac{2\pi}{3}\right] \\ \text{et } tg\,\varepsilon_1 = \dfrac{(M_2 - M_3)\sin\frac{2\pi}{3}}{(M_2 + M_3)\cos\frac{2\pi}{3} + L_1} \end{cases}$$

ou en remplaçant $\cos\frac{2\pi}{3}$ et $\sin\frac{2\pi}{3}$ par leurs valeurs $-\frac{1}{2}$ et $\frac{\sqrt{3}}{2}$

$$A_1^2 = \left(L_1 - \frac{M_2 + M_3}{2}\right)^2 + 3(M_2 - M_3)^2$$

$$= (L_1 - M_2)^2 + (L_1 - M_3)^2 - (L_1 - M_2)(L_1 - M_3)$$

$$\text{et } tg\,\varepsilon = \frac{(M_2 - M_3)\sqrt{3}}{2L_1 - (M_2 + M_3)} = \frac{(L_1 - M_3) - (L_1 - M_2)}{(L_1 - M_3) + (L_1 - M_2)}\sqrt{3}$$

Les valeurs de A_1 et de ε_1 étant indépendantes de m sont les mêmes pour tous les termes de la série e_1 ; on trouvera par simple permutation de lettres des expressions analogues pour e_2 et e_3 ; on peut donc écrire simplement

$$(23)\quad \begin{cases} e_1 = A_1 \dfrac{d}{dt} f(\omega t - \varepsilon_1) \\ e_2 = -A_2 \dfrac{d}{dt} f\left(\omega t + \frac{2\pi}{3} - \varepsilon_2\right) \\ e_3 = -A_3 \dfrac{d}{dt} f\left(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \varepsilon_3\right) \end{cases}$$

en posant

$$(24)\quad \begin{cases} A_1^2 = (L_1 - M_2)^2 + (L_1 - M_3)^2 - (L_1 - M_3)(L_1 - M_2) \\ A_2^2 = (L_2 - M_3)^2 + (L_2 - M_1)^2 - (L_2 - M_3)(L_2 - M_1) \\ A_3^2 = (L_3 - M_1)^2 + (L_3 - M_2)^2 - (L_3 - M_1)(L_3 - M_2) \end{cases}$$

$$tg\,\varepsilon_1 = \frac{(L_1 - M_3) - (L_1 - M_2)}{(L_1 - M_3) + (L_1 - M_2)}\sqrt{3}$$

$$tg\,\varepsilon_2 = \frac{(L_2 - M_1) - (L_2 - M_3)}{(L_2 - M_1) + (L_2 - M_3)}\sqrt{3}$$

$$tg\,\varepsilon_3 = \frac{(L_3 - M_2) - (L_3 - M_1)}{(L_3 - M_2) + (L_3 - M_1)}\sqrt{3}$$

Nous arrivons ainsi à la conclusion pratique suivante : les effets d'induction auxquels est soumis chacun des conducteurs d'une ligne à 3 fils parcourus par 3 courants triphasés peuvent être calculés simplement comme si chaque conducteur était seul en fonction, en lui appliquant un coefficient de self-induction apparente A et en supposant son courant décalé d'un angle supplémentaire, ε les valeurs de A et ε étant celles que nous venons de calculer.

2° *Courants diphasés*

La question se traite absolument de la même manière ; le système diphasé parfait a pour équations générales, dans le cas de courants égaux.

$$(25)\quad \begin{cases} i_2 = f(\omega t) = \Sigma J_m \sin(m\omega t - \varphi_m) \\ i_3 = f\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = \Sigma J_m \sin\left(m\omega t - \varphi_m - \frac{\pi}{2}\right) \\ i_1 = -(i_2 + i_3) = -\left[f(\omega t) + f\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)\right] = \sqrt{2} f\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right) \end{cases}$$

Les trois équations (19) peuvent s'écrire d'autre part en fonction de i_2 et i_3 seuls.

$$(26)\quad \begin{cases} e_1 = (L_1 - M_3)\dfrac{di_2}{dt} + (L_1 - M_2)\dfrac{di_3}{dt} \\ e_2 = (M_3 - L_2)\dfrac{di_2}{dt} + (M_3 - M_1)\dfrac{di_3}{dt} \\ e_3 = (M_2 - L_3)\dfrac{di_3}{dt} + (M_2 - M_1)\dfrac{di_2}{dt} \end{cases}$$

En substituant i_2 et i_3 on trouve aisément par un calcul analogue au précédent :

$$(27)\quad \begin{cases} e_1 = -A_1 \dfrac{d}{dt} f\left(\omega t - \frac{\pi}{4} - \varepsilon_1\right) = -A' \dfrac{d}{dt} i_1\, \omega t + \varepsilon_1 \\ e_2 = -A_2 \dfrac{d}{dt} f(\omega t - \varepsilon_2) \\ e_3 = -A_3 \dfrac{d}{dt} f\left(\omega t - \frac{\pi}{2} - \varepsilon_3\right) \end{cases}$$

en posant

$$(28)\quad \begin{cases} A_1^2 = (M_2 - L_1)^2 + (M_3 - L_1)^2 \text{ et } A = \dfrac{A_1}{\sqrt{2}} \\ A_2^2 = (M_3 - L_2)^2 + (M_3 - M_1)^2 \\ A_3^2 = (M_2 - L_3)^2 + (M_2 - M_1)^2 \end{cases}$$

$$(29)\quad \begin{cases} tg\,\varepsilon_1 = \dfrac{M_3 - M_2}{(M_2 + M_3) - 2L_1} \\ tg\,\varepsilon_2 = \dfrac{M_3 - M_1}{M_3 - L_2} \\ tg\,\varepsilon_3 = -\dfrac{M_2 - M_1}{M_2 - L_3} \end{cases}$$

Digitized by Google

La conclusion est donc encore que l'inductance de chaque conducteur peut se traduire par un simple coefficient de self-induction, appliqué au courant qui le traverse supposé décalé d'un angle supplémentaire. Les valeurs des coefficients et des angles sont seules changées.

Ces formules permettent d'exécuter très rapidement les calculs numériques dans tous les cas possibles. Il faut remarquer cependant que l'hypothèse qui nous a servi de point de départ, c'est-à-dire la définition des systèmes diphasés et triphasés, ne sera pas en général rigoureusement satisfaite, même avec un alternateur parfait, parce que des forces électromotrice polyphasées ne peuvent donner naissance à des courants eux-mêmes exactement polyphasés, si la ligne à 3 fils n'est pas symétrique. Bien plus, avec des forces électro-motrice diphasées, une ligne, même non inductive, produit toujours, comme on le verra des courants un peu plus décalés parce qu'un sytème de 2 courants avec retour commun est forcément asymétrique par lui-même.

Heureusement l'influence de la ligne est toujours relativement assez faible, en comparaison de celle des autres résistances ou inductances des circuits pour qu'on ne commette qu'une très faible erreur en la négligeant et en admettant que les courants sont conformes à la définition : nous ne nous occuperons donc pas davantage de cette correction qui introduirait une grande complication sans utilité.

On remarquera aussi que tous les calculs précédents sont établis en supposant les courants polyphasés égaux entre eux. Dans le cas d'une ligne inégalement chargée on pourrait encore trouver des expressions analogues mais beaucoup plus compliquées. Celles-ci ne présentant aucun intérêt pratique, je ne les rechercherai pas ici.

Perte apparente de voltage en ligne. — Pour avoir la chute de voltage dans les lignes polyphasées il suffit de l'évaluer pour chaque conducteur séparément. Pour cela il faut introduire une nouvelle hypothèse, celle que les courants sont simplement sinusoïdaux, ce qui n'avait pas été supposé jusqu'ici.

Il faut en outre connaître l'intensité du courant, les différences de potentiel à l'arrivée et les décalages, qui s'évaluent au wattmètre ou au phasemètre. Nous supposons les différences de potentiel mesurées entre chaque conducteur d'aller et le conducteur de retour commun, ou le point neutre qui en tient lieu dans le système triphasé; c'est ce que j'appelle *la tension étoilée.* La solution est alors absolument analogue à celle indiquée plus haut pour les lignes monophasées et elle en constitue simplement la généralisation.

Une première méthode consiste à déterminer dans chaque conducteur et séparément les

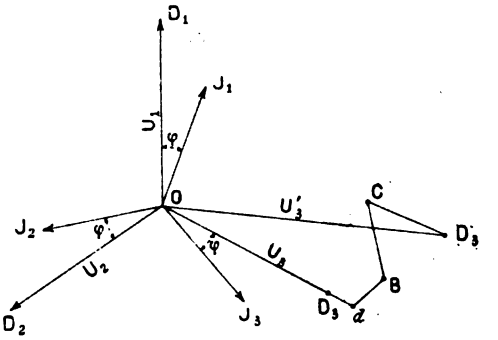


Fig. 3.

forces électro-motrices dues aux inductions de ce conducteur et des conducteurs voisins et à en faire ensuite la résultante. Ce procédé est assez commode si l'on opère graphiquement. Par exemple supposons qu'il s'agisse de courants triphasés, (fig. 3) les 3 vecteurs égaux O D_1 O D_2 O D_3 représentant les tensions à l'arrivée décalées de 120° par hypothèse et O J_1 O J_2 O J_3 les trois courants correspondants; on opèrera de la manière suivante pour obtenir l'une quelconque des tensions au départ O D'_3 par exemple : à partir de l'extrémité D_3, on portera successivement quatre segments,

$D_3\,d = R_3 I_3$, parallèle à OJ_3
$d\,B = \omega L_3 I_3$, perpendiculaire à OJ_3

Digitized by Google

$B\,C = \omega M_1 I_3$, perpendiculaire à OJ_3 (1)
$C\,D'_3 = \omega M_3 I_1$, perpendiculaire à OJ_1.

En joignant O à D'_3 on obtiendra le vecteur $O\,D'_3$ qui représente la tension au départ U'_3; on trouverait de même U'_1 et U'_2.

On peut d'après cette figure écrire les expressions analytiques correspondantes. En appelant φ le décalage des courants sur les tensions d'arrivée, on a, en remarquant que tous les I sont égaux par hypothèse,

$$tg\,\alpha_3 = \frac{-r_3 \sin\varphi + \omega L_3 \cos\varphi + \omega M_1 \cos\left(\varphi + 2\frac{\pi}{3}\right) + \omega M_3 \cos\left(\varphi - \frac{2\pi}{3}\right)}{\frac{U_3}{I} + r_3 \cos\varphi + \omega L_3 \sin\varphi + \omega M_1 \sin\left(\varphi + \frac{2\pi}{3}\right) + \omega M_3 \sin\left(\varphi - \frac{2\pi}{3}\right)} = \frac{m_3}{n_3}$$

en désignant pour abréger le numérateur et le dénominateur par m_3 et n_3. Puis

$$U'_3 = I\sqrt{m_3^2 + n_3^2}$$

On aurait de même α_1, α_2 et U'_1, U'_2.

Ces formules sont un peu compliquées et on arrive plus simplement au même résultat en englobant tous les effets d'induction dans les inductances apparentes Λ déterminées plus haut.

Soit i l'intensité, u la tension éloilée pour un conducteur d'aller et φ leur décalage, R la résistance et Λ la self-induction apparente du conducteur calculée comme on vient de le dire, et ε le décalage supplémentaire dû aux réactions mutuelles.

On construira d'abord (fig. 4) les deux vecteurs I et V représentant les valeurs efficaces de i et u décalées de l'angle φ. Puis on tracera une ligne A B parallèle à I et de longueur R I; celle-ci représente la perte chimique.

La force électro-motrice d'induction e est décalée de $\left(\frac{\pi}{2} + \varepsilon\right)$ en arrière de I et a pour valeur $\omega\Lambda$ I. On portera ce segment à partir du point B suivant BC pour tenir compte du signe — qu'il faut affecter à cette force électro-motrice.

Le triangle ABC ainsi construit, restant semblable à lui-même quand I varie, on peut se contenter d'en construire l'hypothénuse AC = KI, K étant une constante déterminée une fois pour toutes, qui représente l'impédance du conducteur (1).

Le segment AC représente la différence de potentiel entre l'extrémité départ et l'extrémité

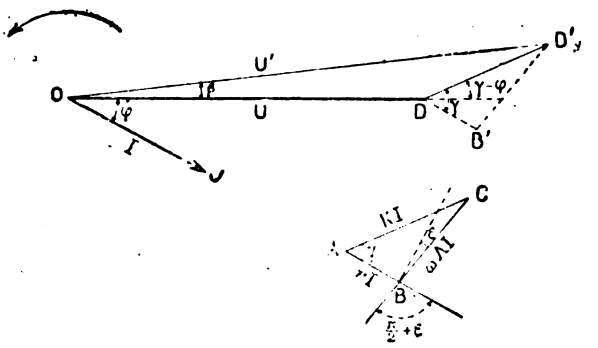


Fig. 4

arrivée du conducteur, telle qu'elle serait donnée par un fil pilote.

S'il s'agit de courants triphasés, il suffit de porter cette longueur en DD' à partir de l'extrémité D pour obtenir en OD' le voltage étoilé à l'arrivée. La différence OD — OD' représente alors la perte en volts apparente due à l'impédance totale. On obtiendrait de même les tensions relatives aux deux autres conducteurs.

Les formules applicables à chaque conducteur sont donc exactement les mêmes que la formule (5) donnée plus haut dans le cas d'un seul conducteur; seulement l'angle γ qui figure dans celle-ci et qui représente le décalage

(1) La direction suivant laquelle ce vecteur est tracé sur la figure est négative parce que les coefficients M sont toujours négatifs, comme on l'a vu plus haut, tandis que I est positif. Dans la détermination des formules on les suppose positifs.

(1) On remarquera encore en passant que cette impédance ne détermine ni le courant ni la perte de voltage.

Digitized by Google

entre l'impédance et la résistance a ici pour valeur, comme on le voit sur la figure,

$$\text{tang } \gamma = \frac{\omega \Lambda \cos \varepsilon}{R + \omega \Lambda \sin \varepsilon}$$

au lieu de

$$\text{tang } \gamma = \frac{\omega \Lambda}{R}$$

S'il s'agit de courants diphasés, la question est plus compliquée, car il faut tenir compte du conducteur de retour, et pour cela déterminer la différence de potentiel entre les deux extrémités de celui-ci et la composer avec la ligne AC avant de construire la résultante.

L'ensemble de ces constructions est représenté par la fig. 5. Dans celle-ci on a supposé les 2 courants I_1 et I_2 égaux et décalés de $\frac{\pi}{2}$ exactement, ainsi que les deux différences de potentiel à l'arrivée U'_2 U'_3, et on en a déduit les différences de potentiel au départ : à cet effet on a construit les 3 petits triangles $A_2 B_2 C_2$, $A_3 B_3 C_3$, $A_1 B_1 C_1$ et l'on a reporté $A_2 C_2$ en $D'_3 F_2$, $A_3 C_3$ en $D'_3 F_3$ et $A_1 B_1$ en $D'_1 F'_1$. Les lignes OD_2, OD_3 représenteront les tensions au départ entre chaque cable d'aller et le cable de retour commun, et $F'_2 F'_3$ la tension au départ entre les 2 cables a_2 et a_3.

On voit qu'en général, la figure ne présentera aucune symétrie et que le décalage $\frac{\pi}{2}$ ne sera pas conservé entre les tensions.

Il est aisé de calculer les décalages $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ entre les tensions au départ et à l'arrivée ; la figure donne en effet immédiatement :

$$(30)\quad \begin{cases} \text{tg } \alpha_3 = \dfrac{r_3 I_3 \sin \varphi + \omega \Lambda_3 I_3 \cos (\varphi - \varepsilon_3)}{U_3 + r_3 I_3 \cos \varphi - \omega \Lambda_3 I_3 (\sin \varphi - \varepsilon_3)} \\ \dfrac{+ r_1 I_1 \sin \left(\varphi + \frac{\pi}{4}\right) + \omega \Lambda_1 I_1 \cos \left(\varphi + \frac{\pi}{4} - \varepsilon_1\right)}{+ r_1 I_1 \cos \left(\varphi + \frac{\pi}{4}\right) - \omega \Lambda_1 I_1 \sin \left(\varphi + \frac{\pi}{4} - \varepsilon_1\right)} = \dfrac{p_3}{q_3} \\ \text{tg } \alpha_2 = \dfrac{r_2 I_2 \sin \varphi + \omega \Lambda_2 I_2 \cos (\varphi - \varepsilon_2)}{U_2 + r_2 I_2 \cos \varphi - \omega \Lambda_2 I_2 \sin (\varphi - \varepsilon_2)} \\ \dfrac{+ r_1 I_1 \sin \left(\varphi - \frac{\pi}{4}\right) + \omega \Lambda_1 I_1 \cos \left(\varphi - \frac{\pi}{4} - \varepsilon_1\right)}{+ r_1 I_1 \cos \left(\varphi - \frac{\pi}{4}\right) - \omega \Lambda_1 I_1 \sin \left(\varphi - \frac{\pi}{4} - \varepsilon_1\right)} = \dfrac{p_2}{q_2} \\ \text{tg } \alpha_1 = \dfrac{r_3 I_3 \sin \left(\varphi + \frac{\pi}{4}\right) + \omega \Lambda_3 I_3 \left(\cos \varphi + \frac{\pi}{4} - \varepsilon_3\right)}{U_1 + r_3 I_3 \cos \left(\varphi + \frac{\pi}{4}\right) - \omega \Lambda_3 I_3 \sin \left(\varphi - \frac{\pi}{4} - \varepsilon_3\right)} \\ \dfrac{- r_2 I_2 \sin \left(\varphi - \frac{\pi}{4}\right) - \omega \Lambda_2 I_2 \cos \left(\varphi - \frac{\pi}{4} - \varepsilon_2\right)}{- r_2 I_2 \left(\cos \varphi - \frac{\pi}{4}\right) + \omega \Lambda_2 I_2 \sin \left(\varphi - \frac{\pi}{4} - \varepsilon_2\right)} = \dfrac{p_1}{q_1} \end{cases}$$

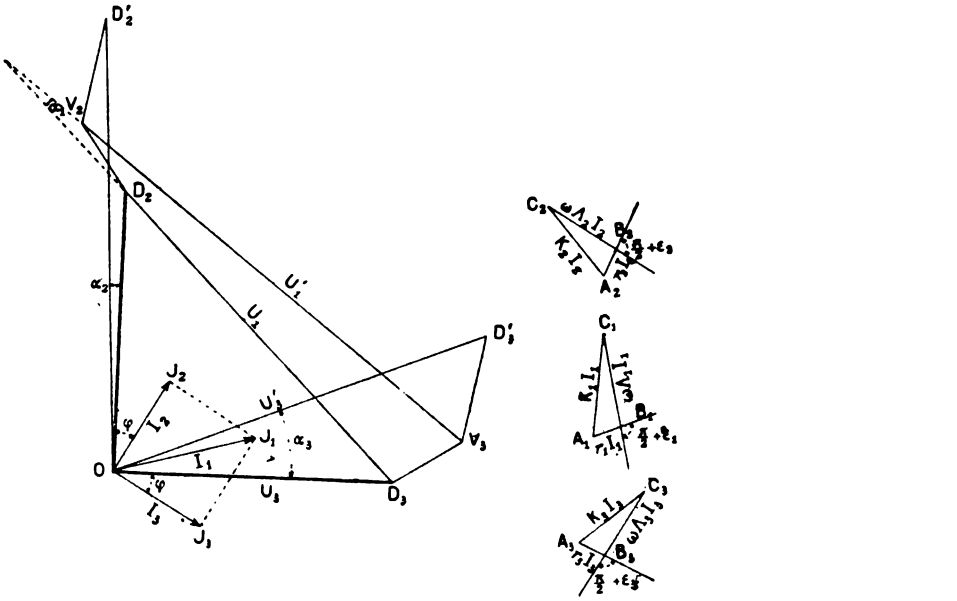


Fig. 5.

En appelant p et q les numérateurs et dénominateurs précédents on obtiendrait

$$(31)\quad \begin{cases} U'_1 = \sqrt{q_3^2 + p_3^2} \\ U'_2 = \sqrt{q_2^2 + p_2^2} \\ U'_3 = \sqrt{q_3^2 + p_3^2} \end{cases}$$

Digitized by Google

En général α_2 et α_3 seront inégaux ; le décalage qu'il faudrait donner aux tensions au départ pour avoir des courants déphasés à l'arrivée est $\frac{\pi}{2} + \alpha_2 - \alpha_3$. En choisissant $\Lambda_2 \Lambda_1 \Lambda_3 r_1 r_2 r_3$ convenablement on pourrait faire que $\alpha_2 = \alpha_3$; mais cette solution ne conviendrait qu'à une valeur particulière des rapports $\frac{U'}{I}$ qui représentent les résistances extérieures; elle est donc sans intérêt.

Ici s'arrête forcément l'étude générale du système déphasé par suite de la complication trop grande des formules malgré nos hypothèses simplificatives. On ne peut que se réserver d'examiner avec plus de détails, chaque cas en particulier ; on en verra plus loin quelques exemples.

Généralisation de la notion de réactance pour les courants polyphasés. On vient de voir que l'impédance de chaque conducteur K s'obtient en composant sa résistance ohmique R avec une autre composante $\omega\Lambda$. Il est naturel de regarder celle- ci comme une généralisation de la quantité à laquelle la *Commission française du programme de Chicago* a donné, il y a un an le nom de *réactance.*

La réactance, d'après la seule définition exacte, est la résistance inductive d'un circuit produite par la self-induction et la capacité de ce circuit (1) et décalée de $\frac{\pi}{2}$ par rapport au courant.

Dans les lignes polyphasées où je viens d'introduire la notion des coefficients fictifs de self-induction Λ, il est tout indiqué de conserver la même définition, en admettant seulement que le décalage au lieu d'être $\frac{\pi}{2}$ peut être $\left(\frac{\pi}{2} + \varepsilon\right)$, c'est-à-dire en admettant une réactance oblique. On écrira alors pour chaque conducteur

$$\text{(32)}\quad \text{Impédance} = \sqrt{(\text{résistance})^2 + (\text{réactance oblique})^2 + \text{résistance} \times \text{réactance} \times 2\cos\left(\frac{\pi}{2} + \varepsilon\right)}$$

au lieu de la définition ordinaire

$$\text{Impédance} = \sqrt{(\text{résistance})^2 + (\text{réactance perpendiculaire})^2}$$

et pour le module ou angle d'impédance

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{\omega\Lambda\cos\varepsilon}{R + \omega\Lambda\sin\varepsilon} \qquad \text{au lieu de} \qquad \operatorname{tg}\gamma = \frac{\omega\Lambda}{R}$$

(*A suivre.*)

A. BLONDEL.

(1) C'est à tort, je crois, qu'on a ajouté à l'étranger « et par l'induction mutuelle et les forces électro-motrices étrangères », car la réactance n'a de sens et de raisou d'être que si c'est une *constante d'un circuit* indépendante par conséquent de la valeur des courants voisins ou des forces électro-motrices voisines.

LE PLATINE ET SES MÉTAUX
A
L'EXPOSITION D'ANVERS

Il n'y aura jamais de révolution dans le royaume de la métallurgie et quoique fassent les hommes, tant que le monde sera monde, les métaux nobles seront l'aristocratie au-dessus de laquelle trône l'or qui est, et sera toujonrs le roi des métaux.

Le platine, quels que soient les services qu'il rend à l'industrie, ne remplacera jamais l'or dont il ne saurait avoir le son harmonieux, la couleur magnifique, et qui, seul peut charmer et flatter, comme il le fait, quand l'orfèvre, le bijoutier ou l'artiste le coulent, le cisèlent ou l'assouplissent au gré de leur goût et de fantaisie.

Le platine n'est pas un métal de luxe. C'est un métal précieux et utile sans lequel beaucoup de découvertes dont est si fier ce siècle qui s'en va, n'existeraient pas et probablement, n'existeraient jamais. Sans lui, la chimie existerait à peine, l'électricité lui doit ses plus brillants effets et il n'est pas d'industrie qui puisse se passer de lui, soit pour les analyses à déterminer, soit pour les recherches à faire et les perfectionnements à introduire.

Digitized by Google

L'industrie qui est le plus spécialement la tributaire du platine est celle de l'acide sulfurique, et il ne viendra à l'idée de personne de contester l'affirmation que je fais, qu'il est impossible de trouver dans le monde entier une collection d'appareils en platine aussi superbe, aussi grandiose et aussi remarquable au point de vue de la difficulté vaincue, du fini de la fabrication, de la dimension des alambics et des cuvettes, et de la beauté des objets de toute sorte qui les entourent, que celle qu'on admire à l'Exposition d'Anvers et qui représente la spécialité de la Compagnie Johnson et Matthey, de Londres, qui est, on le sait, la plus ancienne maison d'affinage d'or et d'argent, puisqu'elle remonte à 1725.

Il se peut qu'il y ait dans le commerce des métaux précieux, des gens qui aient fait fortune ou aient obtenu des distinctions honorifiques; il y a des marchands d'or, d'argent et de platine qui sont devenus très riches; mais il n'en est aucun dont le nom soit indissolublement attaché, au point de vue scientifique, aux progrès de la métallurgie de l'or et du platine, pour ne parler que de ces deux métaux, comme le sont les noms de Johnson et Matthey, les créateurs de l'industrie du platine, les fondateurs de la plus puissante maison qui existe pour l'affinage de l'or, du platine et des métaux préciaux.

Dès 1800 un membre de la maison travaillait déjà le platine; et ce fut lui, qui en 1809 fabriqua pour une usine de Londres un appareil pour la concentration de l'acide sulfurique, le *premier* qui ait jamais été fait. Il pesait 13 kilos. C'était alors considéré comme un tour de force, comme une merveille. Aujourd'hui, s'il le fallait, la maison Johnson Matthey, qui depuis 1809 s'est fait une spécialité de ces appareils de construction, en fabriquerait sans peine qui pèseraient 300 kilos et qui auraient des proportions considérables. Les anciens collaborateurs de Sainte-Claire-Deville et Debray ne se sont pas arrêtés dans la voie du progrès, et les manipulations du platine, non seulement n'ont plus de secret pour eux, mais encore se font avec l'aise et la facilité les plus grandes, et aussi bien pour plier le platine à toutes les formes voulues que pour le purifier et en séparer les métaux rares tels que l'iridium, le ruthénium, le rhodium, l'osmium et le palladium.

Déjà à l'Exposition de 1862, MM. Johnson et Matthey coulaient, en présence de savants et de métallurgistes de tous pays, un lingot de platine du poids de 100 kilos, fait inouï dans les annales de la science et de l'industrie, et qui marque le progrès accompli depuis l'époque récente encore où la production d'un petit bouton de platine par la fusion, était regardée comme extraordinaire.

En 1855, MM. Johnson et Matthey avaient apporté dans la construction des appareils de concentration une modification extrêmement importante; car au lieu de leur laisser la forme circulaire et profonde, ils avaient adopté celle de cuvettes plates, et de plus, chose qui mérite d'être notée, ils inauguraient la manufacture d'appareils en platine doublé d'or, c'est-à-dire de platine et d'or mariés, à une haute température, forgés et laminés de façon à unir intimement et absolument le platine à un revêtement d'or.

L'or, en effet, résiste mieux à l'acide sulfurique que le platine; et l'idée de cet union de platine et d'or est due à MM. Johnson et Matthey, tout comme c'est à eux que revient l'honneur d'avoir substitué les cuvettes plates aux cuvettes profondes et réalisé une grande économie dans la concentration qui s'effectue plus rapidement, avec moins d'usure de platine, moins de combustible, et moins de main-d'œuvre. Les progrès ne s'accomplissent jamais sans difficulté. Il y eut beaucoup de résistance à vaincre de la part des fabricants d'acide sulfurique, mais finalement ils cédèrent, et nulle part on ne se sert aujourd'hui d'autres appareils que ceux dans lesquels une mince couche d'acide est soumise à la concentration.

La collection des produits manufacturés par la maison Johnson et Matthey, que je viens d'admirer à l'Exposition d'Anvers, toute modeste qu'elle paraisse être, parce que le platine et les

Digitized by Google

métaux de son groupe n'ont pas le brillant, l'éclat, le scintillement de l'or, n'en représente pas moins un capital de *deux millions et demi de francs*, et, ce qui frappe le plus, quand on considère ces cornues, ces cuvettes, ces creusets, ces articles aux formes variées, depuis le lingot jusqu'aux plaques les plus minces, au fil le plus ténu, c'est l'énorme masse de travail, de persévérance, de science et d'habileté qu'il a fallu pour asservir des métaux aussi difficiles à traiter et pour les rendre maniables au point de vue de l'emploi qu'on voulait leur donner, sans diminuer en rien leurs propriétés, et tout au contraire, en les purifiant et en les alliant ensemble pour augmenter soit leur force, soit leur infusibilité ou leur incorrodibilité.

Quoi de plus admirable que cet appareil en platine doublé d'or pour la concentration de l'acide sulfurique qui a été fabriqué d'après le procédé Johnson-Matthey il y a juste 40 ans! En chiffres ronds, sa valeur est de trente-cinq mille francs. Il se compose de 75 o/o de platine et de 25 o/o d'or et sa surface en or contient 5 o/o de platine, ce qui assure la dureté et la durabilité de l'alliage. Cet alliage a été soumis aux épreuves les plus dures afin de pouvoir en déterminer le degré d'usure, et il a été constaté qu'il perd moitié moins dans les conditions les plus exceptionnellement sévères, de ce qu'il perdrait avec l'or pur.

Depuis 1875 MM. Johnson et Matthey ont fourni des centaines d'appareils du type « Double Delplace » aux fabricants d'acide sulfurique qui tous reconnaissent que c'est le meilleur pour la concentration, puisqu'il fonctionne en donnant les résultats les plus grands avec économie et régularité (10,000 kilos d'acide 94 o/o et à peu près 5000 kilos d'acide 97 o/o par 24 heures) et qu'on peut l'ajuster de manière à produire de l'acide de n'importe quelle force jusqu'à 97-98 o/o. Sa valeur, complet avec le réfrigérateur est de 94 800 francs. L'appareil forme Willett, qui est un peu adopté aux Etats-Unis et qui consiste en quatre cylindres produit 6000 kilos d'acide 64° 1/2 Baumé par 24 heures. (66° 1/2 B = 94 o/o. A 62° B, 1,753 on a 67 o/o d'acide sulfurique et 33 o/o d'eau). Cet appareil ne coûte que 37 800 francs.

Je mentionnerai encore un réfrigérateur pour concentrateur qui est très simple et qui représente le travail d'une capacité de 12 tonnes d'acide sulfurique par journée de 24 heures. Il ne vaut que 7560 francs, c'est peu à côté du prix des concentrateurs eux-mêmes.

On a parlé tout récemment en Allemagne, comme d'une nouveauté, de la concentration de l'acide sulfurique au moyen d'une résistance en fils de platine que traverse un courant d'électricité. Cela ne vaut pas le dispositif Johnson Matthey que j'ai vu à l'Exposition d'Anvers et qui sert à évaporer les liquides par la chaleur électrique qui pénètre dans des chauffoirs en platine à l'intérieur desquels des lames en platine perforé sont fixées sur des isolateurs. Déjà à leur Exposition à Chicago on avait remarqué cette application originale et extrêmement importante de l'électricité calorifique que cette fois encore MM. Johnson et Matthey étaient les premiers à faire, et dont ils ont fait voir les modèles. Supposez qu'une usine d'acide sulfurique est située près d'une chute d'eau, il suffira d'une ou de plusieurs dynamos pour concentrer sans dépense de combustible des quantités considérables d'acide et cela seul est en soi une grande simplification en même temps qu'un perfectionnement d'une utilité énorme.

L'objet historique qui sous le rapport de la science universelle prime tout dans cette collection des chefs d'œuvre de l'industrie du platine, c'est l'**Etalon international du mètre et du kilo** adopté par la commission internationale de Paris, après les nombreuses expériences et le rapport des experts renommés Sainte-Claire Deville, Debray et Stas qui avaient déclaré que la pureté du platine pour produire l'alliage de 90 o/o de platine est de 10 o/o d'iridium était, chose inouïe dans les fastes métallurgiques, de **999.987 73 pour 1000.**

De tels degrés de pureté sont parfois atteints en laboratoire, mais cette fois, et bien d'autres fois depuis, on est arrivé au platine presque

Digitized by Google

pur en traitant une coulée d'un *quart de tonne* de platine.

A côté de cet étalon se trouve un mètre en iridio-platine pour mesurer le coefficient de dilatation de la Règle Géodésique Internationale et du Mètre Thermométrique. Cet instrument, *qui* a été fabriqué spécialement pour des études expérimentales de l'Ecole Normale a la forme suivante (fig. 1) :

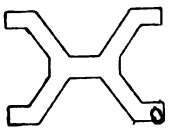


Fig. 1

La soudure autogène du platine, une autre innovation de MM. Johnson et Matthey, est représentée là avec une telle perfection, qu'il est impossible, même pour quelqu'un qui sait comment on opère, de distinguer le point de raccord des pièces assemblées par le chalumeau. La soudure électrique peut-elle faire le même travail, je n'oserais l'affirmer, mais il ne s'agit pas seulement ici de joindre deux morceaux de métal ; il faut unir les différentes pièces entre elles, d'un appareil, un serpentin par exemple, ou des tubes disposés sur un tuyau ou une cornue. En tout cas, MM. Johnson et Matthey, n'ont pas attendu la soudure électrique, car c'est en 1859 que pour la première fois leur soudure autogène a fait son apparition dans leurs ateliers.

Il n'y a que le chimiste où l'électricien qui peut apprécier les petits échantillons en forme d'angle aigu surmonté d'une bobine qu'on voit dans cette vitrine. Ce sont des alliages précieux d'iridium dans les proportions de 3 à 20 o/o.

Des fils de platine, d'iridio-platine, de ruthénio-platine, sont là en toute dimension, mais comme merveille de tréfilage ou d'étirage, rien ne peut être comparé au fil de platine qui remplit un bocal. Le fil de la Vierge seul peut rivaliser avec ce que j'appelle un duvet, quoique ce soit une très grande, une immense longueur de platine qui peut être très utile pour les opérations ou les analyses délicates. C'est, un tour de force de perfection de matériel autant que d'habileté. On dirait la soie d'un cocon à couleur gris argenté.

Une pile de bobines de plus en plus petites à mesure qu'elle s'élève nous montre des fils d'un blanc étincelant d'argent. Il n'y a cependant rien de tapageur dans tout cela. Une brique de palladium pure que j'ai là devant moi a l'air très modeste et son éclat n'est pas grand, quoiqu'il le soit plus que la pépite de platine natif qui fait contraste avec elle et qui a l'air de rognons tourmentés, rugueux, saisis par une brusque transition de température au sortir d'une fournaise. Cette pépite est d'une dimension extraordinaire ; quant à la brique de palladium, elle vaut 176 400 fr. et ce qui est vraiment digne d'être noté, c'est la quantité d'or qu'il faut pour obtenir en quantité relative, le palladium qui est si souvent allié à l'or et qui en est le sous-produit, que l'art de l'affineur est arrivé à séparer et à recueillir. Ce carreau de palladium dont je parle provient du traitement de cinquante six *millions* sept cent *mille* francs d'or.

Dans une petite coupe, scintillent des granules grisâtres d'osmium, métal rare, curiosité métallurgique qui n'a pas encore trouvé d'application. On en disait autant de l'iridium, il n'y a pas encore bien longtemps, et cependant l'iridium sert et peut servir à bien des usages. Mais il ne faut l'employer que comme les remèdes homéopathiques, en doses infinitésimales, à cause de son prix. Le lingot d'iridium pur qui est là dans la vitrine n'est pas gros ; il n'en n'est pas moins cher, car il est marqué 37,800 fr.

Je ne puis dire grand chose du rhodium pur et du ruthénium purifié par l'arc électrique qui sont exposés autour du platine dans le groupe duquel ils sont tout comme l'iridium, l'osmium, et le palladium. Un chimiste aimerait à contempler la série d'oxydes et de sels du ruthénium. Il en est un, Ru Az O Cl^3 2 Az H^4 Cl qui a une couleur très franche de lie de vin, tandis que de la soie teinte au ruthénium a une

Digitized by Google

nuance très délicate et tendre de fraise écrasée dans la crême.

Ce qui devrait frapper les Belges c'est l'aspect brillant et la légèreté des médailles et des pièces de monnaie en alliage d'aluminium et de nickel que la maison Johnson et Matthey a envoyées à l'Exposition d'Anvers sans se douter que la Belgique supprimerait comme elle l'a fait, il y a quelques semaines, la monnaie de billon pour la remplacer par une laide et abominable petite monnaie de nickel, à laquelle manque l'avantage que présentent les sapèques de Chine qui sont percées au milieu, de façon à ce qu'on en fasse des chapelets de 10, 50 ou 100 pour faciliter ou rendre plus rapides les comptes et les paiements.

En terminant, voici un détail probablement inconnu dans le monde électrique. La grande maison d'affinage d'or et de platine dont je viens de parler, a conservé le nom de Johnson et Matthey quoique il n'y ait plus de Johnson. Tous les membres de la raison sociale portent le nom de Matthey ou de Sellon, et les trois chefs en sont M. G. Matthey, F. R. S. son frère M. E. Matthey, et M. J.-S. Sellon dont le nom est indissolublement attaché à l'origine et au développement de l'industrie des batteries secondaires.

E. ANDREOLI.

L'ÉLECTRICITÉ

A L'EXPOSITION DE LYON[1]

La plupart des appareils faisant partie de l'installation de la maison *Lombard-Gérin* de Lyon, ont été construits pour le compte de cette Société dans les ateliers du Creusot et sont du système Zipernowsky.

L'exposition de la maison Lombard-Gérin, dans le secteur électrique de la coupole, constitue une station génératrice à courants alternatifs Une conduite branchée sur la distribution générale de vapeur de la coupole fournit la vapeur à 2 moteurs horizontaux, l'un d'eux tourne à 250 tours et a une puissance de 200 chevaux; l'autre a une puissance de 150 chevaux et fait 200 tours par minute. Ces 2 machines à vapeur actionnent par courroies 2 alternateurs semblables ayant une vitesse augulaire de 500 tours par minute et pouvant donner chacun 25 ampères à la tension de 1800 volts. Ces deux alternateurs sont reliés ensemble par un manchon, et les pièces polaires de l'un font face aux intervalles polaires de l'autre, c'est-à-dire que les génératrices donnent deux courants alternatifs monophasés décalés de 90° l'un par rapport à l'autre.

Ces deux courants se rendent au tableau de distribution, où ils sont combinés de diverses manières avant d'être envoyés dans 4 circuits de distribution distincts.

Le premier circuit, qui est à 3 fils, a une très faible longueur, car il ne sort pas de la station génératrice. Il conduit dans un moteur de 20 chevaux les courants biphasés produits par l'accouplement des 2 dynamos à courants alternatifs monophasés. Le moteur biphasé, qui est du type asynchrone ou à champ tournant a son inducteur fixe et son induit mobile. Le démarrage s'effectue en employant un rhéostat à eau relié à l'induit par 3 balais frottant sur 3 bagues pleines. La résistance maxima se trouvant en circuit au moment de la mise en route, on diminue progressivement cette résistance à mesure que le moteur s'approche de sa vitesse normale. On fait l'opération inverse à l'arrêt. Le moteur biphasé fait mouvoir une dynamo à courant continu de 120 volts et 50 ampères servant à l'éclairage de la station par des lampes à arc et à incandescence.

Chaque alternateur est relié séparément à un circuit à 2 fils partant de la station de la coupole pour se rendre au pavillon des Beaux-Arts, (marqué C sur le plan de la fig. 1, page 11). Les 4 fils nus forment une canalisation aérienne à 1800 volts ayant seulement 200 mètres de longueur. La haute tension est

[1] Voyez l'*Eclairage électrique*, 15, 29 septembre et 13 octobre 1894.

Digitized by Google

employée là uniquement dans un but de démonstration. Les 2 circuits aboutissent à 2 transformateurs monophasés, installés séparément dans le pavillon des Beaux-Arts. Les circuits secondaires de ces 2 transformateurs ordinaires donnent naissance à deux circuits indépendants à basse tension, alimentant à 120 volts des lampes à arc placées dans le batiment.

Les 2 alternateurs monophasés couplés en biphasés desservent un quatrième circuit, formant une ligne aérienne à 3 fils, établie entre la station génératrice de la coupole et le pavillon de la *Société du canal de Jonage*, distant de 500 mètres environ. A la fin de juin, lorsque nous avons visité l'Exposition, les machines venaient d'être installées dans le pavillon de Jonage, mais celui-ci n'était pas encore ouvert au public et le Directeur de la Société de Jonage a cru prudent de nous refuser l'accès du pavillon « par crainte d'accident. » (!). Voici toutefois quelques renseignements que nous avons pu obtenir de l'électricien de service à la station génératrice Lombard-Gérin, et dont

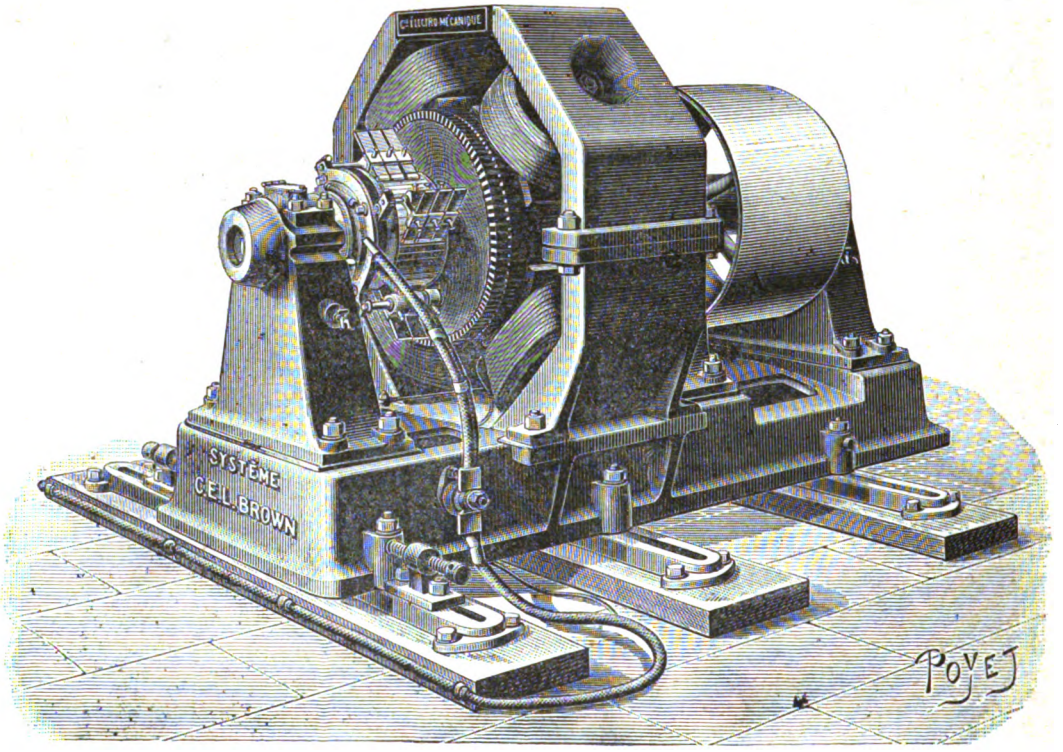


Fig. 10. — Dynamo réceptrice à courant continu

naturellement nous ne garantissons pas l'exactitude.

Les courants biphasés à 1800 volts sont transformés en courants biphasés à 100 volts par 2 transformateurs ordinaires couplés ensemble. Le circuit secondaire biphasé à 3 fils et à basse tension, alimente un moteur biphasé de 6 chevaux et un moteur biphasé de 3 chevaux conduisant directement des machines-outils. Un moteur biphasé de 20 chevaux branché sur le circuit secondaire à 3 fils, fait mouvoir une dynamo à courant continu à 100 volts qui actionne par de petits moteurs à courant continu diverses machines.

L'installation effectuée dans l'intérieure de la coupole par la *Compagnie Electro-mécanique* montre en fonctionnement, comme les installations Guitton et Lombard-Gérin, des générateurs à courants polyphasés et des moteurs

Digitized by Google

asynchrones polyphasés, mais ici les groupes générateurs et récepteurs sont placés l'un à côté de l'autre au lieu de former de véritables stations de distribution.

Toutes les machines exposées par la Compagnie Electro-mécanique sont du système Brown et sortent des ateliers Weyher et Richemond; c'est donc en réalité l'exposition Weyher et Richemond plutôt que l'exposition de l'Electro-mécanique.

L'installation ne comporte pas de machine à vapeur. La force motrice nécessaire est obtenue à l'aide d'un moteur prenant son courant sur le réseau général de distribution de la coupole à 110 volts. La dynamo qui marche en réceptrice est du type de 99 kilowatts, c'est-à-dire qu'elle pourrait donner 120 chevaux en absorbant 900 ampères, mais on ne lui demande jamais une production d'énergie supérieure à 20 ou 30 chevaux, c'est-à-dire qu'elle marche constamment à très faible charge. Cette machine, représentée sur la fig. 10, porte 4 pôles inducteurs disposés en croix et tourne à la vitesse angulaire de 450 tours par minute. Le mode de construction de l'induit offre une certaine analogie avec celui des moteurs à champ tournant. Le circuit induit, au lieu d'être formé par des bobines enroulées sur un tambour en fer, est constitué par des tiges de cuivre isolées par un fourreau d'amiante et enfilées au travers d'un tambour en fer, suivant une circonférence très voisine du cercle extérieur.

Le moteur à courant continu actionne par courroie une dynamo génératrice à courants biphasés d'une puissance de 44 kilowatts, pouvant donner 400 ampères à la tension de 110 volts, mais ne travaillant jamais qu'à trés faible charge. Cet alternateur, dont la fig. 11 donne une vue d'ensemble, a une vitesse angulaire de 600 tours par minute et possède 8 pôles; la fréquence des courants alternatifs produits dans cette machine est donc de 40 périodes par seconde. L'inducteur, formé de 8 bobines montées radialement sur un bâti circulaire, est parcouru par un courant continu pris sur le réseau général de distribution. L'induit a l'aspect d'un anneau de fer fortement évidé et soutenu par 6 bras en fonte. L'enroulement induit est logé entre une couronne assez épaisse en tôles découpées et une couronne mince en fonte silicée qui le recouvre complètement sans même laisser apparent aucun fil de connexion.

L'enroulement induit, représenté schématiquement sur la figure 13, se compose en principe de 4 bobines ou séries de bobines A *a*, B *b*, D *d*, E *e* décalées de 90° l'une par rapport à l'autre sur la surface du tambour. Ces groupes sont reliés en quantité de 2 en 2 comme l'indique la figure 13, de manière à former 2 circuits distincts 1-2 et 3-4, constitués, le premier par les groupes de bobines A *a* et et D *d* en quantité et le second par les groupes de bobines B *b* et E e en quantité. La fig. 12 montre cet arrangement sous une forme plus simplifiée que sur la fig. 14 quoique identique. Les bobines A *a*, B *b*, D *d*, E *e*, étant décalées entre elles de 90°, les circuits 1-2 et 3-4 seront parcourus par deux courants alternatifs distincts, ayant entre eux une différence de phase de 90°. L'alternateur donne donc naissance à 2 courants alternatifs ordinaires, décalés de 90°, qui sont recueillis séparément par 2 paires de balais. Les 2 paires de balais frottent sur 2 paires de bagues pleines, montées sur l'arbre, de part et d'autre

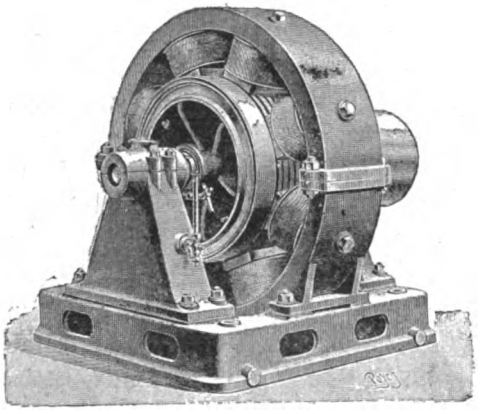


Fig. 11. — Dynamo génératrice à courants biphasés.

Digitized by Google

de l'induit et reliées respectivement aux extrémités des circuits 1-2 et 3-4.

Il n'y a pas à Lyon d'alternateur Brown monophasé ordinaire. Cet appareil serait d'ailleurs identique à la génératrice biphasée. Il suffirait de changer, dans la machine que nous venons de décrire, les connexions intérieures des bobines de l'induit pour obtenir, sans autre

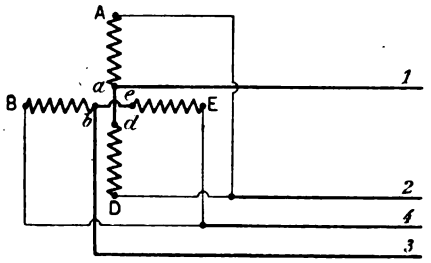


Fig. 12.

modification que la mise au repos d'une paire de balais, un alternateur monophasé ordinaire à un seul circuit.

La génératrice biphasée n'est d'ailleurs, en réalité, qu'un double alternateur monophasé puisque les 2 circuits alternatifs sont indépendants au sortir de l'appareil et ne sont couplés

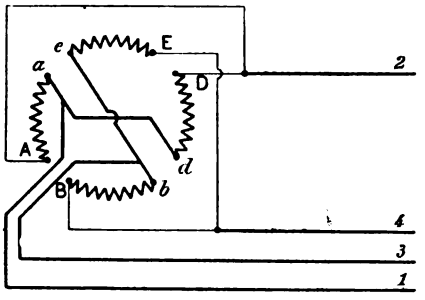


Fig. 13.

en biphase que sur le tableau de distribution, au moyen d'un commutateur qui réunit le fil 1 au fil 3.

Cette opération a pour effet de réunir en quantité par un fil unique 3 (voir fig. 14), l'extrémité *a d* et *b e* des 2 circuits A *a* D *d* et B *b* E *e*, tandis que l'autre extrémité A D et B E de chacun de ces circuits est relié à un fil particulier 2 ou 4. Les points *a*, *d*, *b*, *c* ne formant plus qu'un point commun on obtient ainsi le montage en étoile de 4 bobines décalées de 90° donnant naissance dans les 3 fils 2 4 et 3 à un système de courants biphasés. Cet arrangement des circuits peut également être considéré comme la combinaison indiquée sur la fig. 15 de 2 circuits formés, le premier des bobines A *a* et E *e* en parallèle, et le second des bobines B *b* et *d* D en parallèle, ces 2 circuits étant eux-mêmes réunis en parallèle par le fil 3 qui relie une de leur extrémité *a e* et *b d* et ayant chacun leur autre extrémité A E ou B D reliée à un fil séparé 2 ou 3.

D'après tout ce qui précède, on voit que le système biphasé présente sur le système triphasé l'avantage de pouvoir être instantanément décomposé en un système monophasé double, car une génératrice biphasée peut être transformée, par la simple manœuvre d'un commutateur, en une machine faisant l'office de 2 génératrices monophasées indépendantes. Au contraire une génératrice triphasée, à moins de construction spéciale relativement compliquée de l'induit, ne peut être transformée en une génératrice monophasée.

Les moteurs asynchrones biphasés possèdent le même avantage, c'est-à-dire qu'il suffit de manœuvrer un commutateur extérieur à l'appareil pour pouvoir alimenter le moteur avec un courant monophasé, au lieu de le faire marcher avec des courants biphasés.

Nous avons vu dans notre précédent article (1) que l'induit fermé des moteurs asynchrones monophasés était identique à celui des moteurs asynchrones polyphasés, et que leur inducteur était formé par un anneau genre Gramme à enroulement continu, relié en 2 points au circuit monophasé extérieur s'il s'agit d'un inducteur bipolaire, en 4 points si c'est un inducteur trétrapolaire, et en général en un nombre de points égal au nombre de pôles inducteurs.

D'autre part pour créer un champ tournant inducteur bipolaire, on sait qu'il suffit de disposer 4 bobines A *a*, B *b*, D *d*, E *e*, décalées de 90° sur un anneau comme il est indiqué sur les

(1) Voy. *L'éclairage électrique*, n° 5, p. 209.

Digitized by Google

figures 13 ou 14 et parcourues par des courants ayant des phases décalées également entre elles de 90°. Cette disposition peut être réalisée en reproduisant le montage indiqué pour la génératrice sur les fig. 13 et 14, c'est-à-dire en formant avec les 4 bobines 2 circuits distincts A *a* D *d* et B *b* E *e* formés chacun de 2 bobines en quantité, et reliés respectivement à 2 circuits alternatifs monophasés 1-2 et 3-4 ayant entre eux une différence de phase de 90°.

On obtient le même résultat en remplaçant, comme on l'a fait pour la génératrice, les 2 circuits monophasés par un système biphasé à 3 fils 2-4-3 provenant d'un alternateur biphasé, à condition de relier en quantité une des extrémitées de chaque extrémité, c'est-à-dire de réunir par un seul fil les 4 points a e et b d comme le montre la fig. 15 qui est équivalente

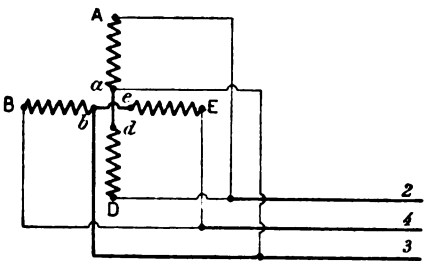


Fig. 14.

à la fig. 14. Nous avons constaté plus haut que cet arrangement pouvait être considéré (fig. 15) comme la combinaison de deux circuits formés, le premier des bobines A *a* et E *e* en parallèle et le second des bobines B *b* et *d* D en parallèle, ces 2 circuits étant eux-mêmes réunis en parallèle par une de leurs extrémités *a e* et *b d* et ayant chacun leur autre extrémité A E ou B D séparée.

Mais si les extrémités A E et B D de chaque circuit sont réunies à leur tour en quantité, ce qu'on réalisera par la réunion en un seul des 2 fils 4 et 3, on obtiendra le schéma de la figure 16, c'est à-dire 2 circuits de chacun deux bobines en quantité, ayant eux-mêmes leurs deux extrémités réunis en quantité et aboutissant à 2 fils extérieurs 20 et 30. Si les fils 20 et 30 sont parcourus par un courant alternatif monophasé il est facile de vérifier que la figure 16 n'est autre chose que le schéma d'un anneau Gramme relié en 4 points à un circuit alternatif monophasé, c'est-à-dire le schéma de l'inducteur à 4 pôles d'un moteur asynchrone monophasé.

L'enroulement inducteur d'un moteur asynchrone biphasé est établi suivant le schéma de la figure 15 et se termine par 3 bornes extérieures 2-4-3. Si l'on relie ces 3 bornes à un circuit biphasé à 3 fils, l'appareil fonctionnera comme moteur biphasé bipolaire. En reliant entre elles les bornes 3 et 4 de façon à ne plus avoir que 2 bornes 20 et 30 et en réunissant ces bornes à un circuit monophasé provenant soit d'un alternateur ordinaire soit d'un des 2 circuits élémentaires d'une génératrice biphasée, le même appareil fonctionne comme moteur monophasé tétrapolaire c'est-à-dire avec une vitesse moitié moindre que dans le premier cas.

On peut aussi transformer un moteur biphase bipolaire en un moteur monophasé bipolaire, tournant à la même vitesse. Il suffit de laisser les 4 bobines du moteur divisées en 2 circuits distincts A *a* D *d* et B *b* E *e* se terminant par 4 bornes 1-2 et 3-4 comme il est indiqué sur la fig. 13. En réunissant entre elles les bornes 1 et 3, l'appareil fonctionne comme moteur biphasé bipolaire puis qu'on retombe sur le schéma de la fig. 15. En laissant libres les bornes de l'un des circuits, par exemple 3 et 4 et en reliant les bornes 1 et 2 de l'autre circuit à un circuit monophasé quelconque, l'appareil fonctionnera comme moteur monophasé bipolaire, mais avec une faible puissance puisque l'un de ses 2 circuits jouera un rôle inerte.

La transformation d'un moteur biphasé en monophasé est employée rarement. On peut toutefois se trouver conduit à la faire dans le cas ou l'on veut dédoubler une installation biphasée en 2 installations monophasées distinctes. Mais la transformation inverse d'un moteur monophasé en moteur biphasé est utilisée constamment car c'est le principe même

Digitized by Google

sur lequel sont basés presque tous les systèmes de démarrage des moteurs asynchrones monophasés.

Nous avons montré dans notre précédent article que les appareils appartenant à ce dernier type de moteurs ont un couple moteur nul lorsque la vitesse de l'induit est nulle, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent démarrer seuls. Par conséquent, sauf pour les tout petits moteurs qu'on peut lancer à la main comme ceux exposés par la maison Guitton, il est nécessaire d'user d'un artifice spécial pour faire démarrer les moteurs asynchrones monophasés. Cet artifice consiste toujours à faire marcher au début l'appareil comme moteur biphasé. Les moteurs à champ tournant tels que les moteurs biphasés produisant un couple assez fort au démarrage, l'appareil peut se mettre en route tout seul s'il n'est pas trop chargé et atteindre la vitesse normale, c'est-à-dire la vitesse maxima du moteur monophasé si l'appareil travaille comme moteur biphase bipolaire, ou la moitié de cette vitesse maxima s'il fonctionne comme moteur biphasé tétrapolaire. Quelle que soit la combinaison adoptée on peut, au bout d'une minute à peine, faire marcher l'appareil comme moteur monophasé asynchrone, car les moteurs de ce genre, lorsqu'ils ont été lancés, même à une vitesse assez faible, atteignent d'eux mêmes leur vitesse normale s'ils ne sont pas trop chargés. La mise en route s'effectue au moyen d'un commutateur à plusieurs directions qui permet d'effectuer les changements de connexions indiquées plus haut pour passer du moteur biphasé au monophasé et inversement.

Il reste à voir comment on peut obtenir un système biphasé, c'est-à-dire 2 courants décalés de 90° en partant d'un seul courant monophasé. Plusieurs procédés sont employés dans ce but. On a songé tout d'abord à envoyer directement au moteur une partie du courant alternatif et à faire passer l'autre partie dans une bobine de forte self-induction qui a pour effet de retarder la phase du courant alternatif primitive. Quoique simple en théorie, cette disposition est peu pratique, car elle ne donne jamais un décalage de 90° entre les 2 courants. Si l'on veut obtenir un coup'e suffisamment intense au démarrage on est obligé d'employer une grosse bobine semblable à un transformateur Zipernowski, c'est-à-dire un appareil encombrant et coûteux.

Le procédé le plus souvent employé à l'heure actuelle consiste à utiliser conjointement les propriétés des condensateurs et des bobines de self, en réalisant le montage indiqué sur la fig. 15. Au moment du démarrage une bobine de self-inducteur L est placée en dérivation entre les 2 fils 20 et 36 du circuit alternatif monophasé. La borne 3 est reliée directement au fil 30, la borne 2 est reliée au fil 20 en passant par un condensateur C; enfin la borne 4 est rattachée en un point intermédiaire N de la bobine de self. Une capacité et une self-induction se trouvent ainsi intercalées entre les bornes 2 et 4, et une self-induction seule entre les bornes 4 et 3. En donnant à cette capacité et à ces bobines de self-induction des valeurs convenables suivant la fréquence du courant alternatif, les bobines voisines A *a*, et *e*E, B *b* et D *d* de l'inducteur sont parcourues par deux courants alternatifs décalés exactement de 90° l'un par rapport à l'autre et produisant par suite un champ tournant bien uniforme. Aussitôt le démarrage passé, les bornes 3 et 4 sont réunies ensemble par un commutateur qui rompt en même temps les connexions du circuit alternatif monophasé avec le condensateur et la bobine de self. Les 2 fils 20 et 30 du circuit monophasé se trouvent ainsi reliées suivant le schéma de la figure 16 aux 2 bornes 20 et 30

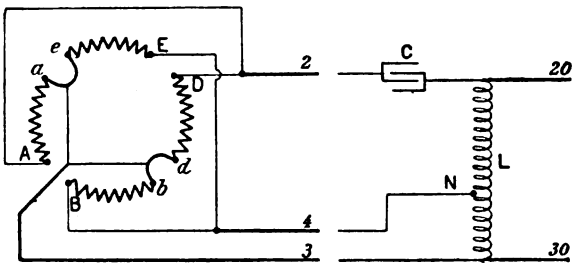


Fig. 15.

Digitized by Google

de l'appareil qui fonctionne alors comme moteur monophasé.

Cette combinaison peut être réalisée avec des appareils simples et peu volumineux Ainsi l'appareil de démarrage Brown exposé au repos à Lyon et destiné à un moteur de 10 chevaux se compose d'un condensateur mesurant $0^m40 \times 0{,}25 \times 0{,}20$ et d'une bobine de self-induction ayant à peu près les mêmes dimensions. Le condensateur ou voltamètre est formé par une série de plaques de tôle séparées par des feuilles de fibres et placées dans une boîte contenant de l'eau. La boîte d'induction est constituée par 2 groupes de bobines enroulées séparément sur un même noyau de fer et plongeant dans une caisse remplie d'huile. Chaque groupe ou circuit est divisé en plusieurs parties que l'on peut coupler de diverses manières

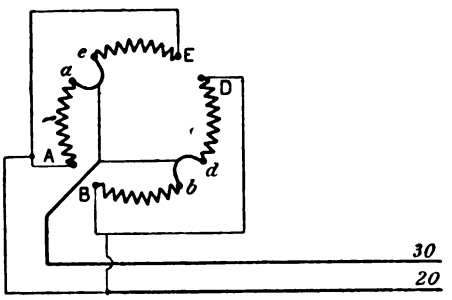


Fig. 16.

par des bornes extérieures. Lorsque la boîte d'induction est employée pour le démarrage d'un moteur monophasé, ses 2 circuits sont reliés en quantité et elle joue le rôle d'une simple bobine de self-induction.

La même boîte d'induction est employée pour le démarrage des moteurs asynchrones biphasés. On sait en effet que dans tous les moteurs polyphasés à champ tournant, les courants de l'inducteur et de l'induit ont leur valeur maxima au moment du démarrage, et ces courants pourraient atteindre des intensités dangereuses si l'on n'intercalait pas une résistance dans l'inducteur ou dans l'induit. Lorsque l'induit du moteur est mobile, la résistance est placée dans le circuit inducteur afin de ne pas introduire de contacts frottants dans l'appareil. On peut employer à cet effet, une bobine ordinaire de forte résistance ohmique, mais en procédant ainsi on diminue de beaucoup la valeur du couple démarrage. Il est préférable de prendre une bobine de self-induction dont la résistance inductive diminue le courant dans la même proportion qu'une résistance ohmique sans trop affaiblir le couple de démarrage. Dans le cas d'un moteur biphasé les 2 circuits séparés de la boîte d'induction sont branchés chacun sur l'un des 2 circuits monophasés constituant le système biphase. Il se produit alors dans la caisse non seulement de la self-induction mais aussi des effets d'induction mutuelle qui augmentent son action modératrice.

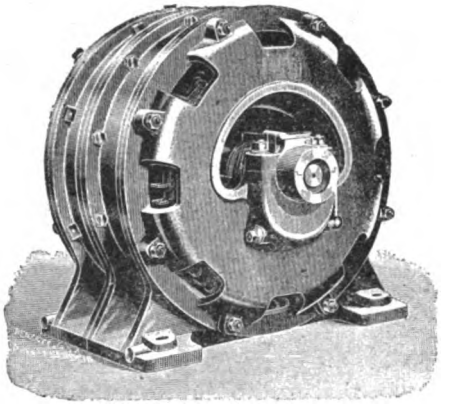


Fig. 17. — Moteur asynchrone biphasé

Le circuit biphasé à 110 volts de l'installation de la Société Electro-mécanique alimente quelques lampes à arc et à incandescence servant à l'éclairage particulier de la Société, et peut faire marcher, lorsqu'on le désire, différents types de moteurs biphasés. Ces moteurs, représentés sur la fig. 17, possèdent un induit mobile formé par un tambour de fer traversé par des barres de cuivre forment un circuit fermé. L'inducteur est constitué par une série de disques annulaires de tôle fixés sur le bâti extérieur de la machine. L'anneau inducteur présente des échancrures dans lesquelles sont logées des bobines réunies en série de deux en deux et appartenant à 2 circuits différents. Ces circuits sont reliés entre eux suivant le schéma de la figure 15 et se terminent par 3 bornes exté-

Digitized by Google

rieures sur lesquelles on vient brancher les 3 fils du circuit biphasé ou les 3 fils de démarrage du circuit monophasé si l'appareil marche comme moteur monophasé.

Le Société Electro-mécanique, en dehors de son installation en marche, expose différents modèles de dynamos et de moteurs à courant continu au repos.

Les machines exposées dans la coupole par la Société *L'Eclairage électrique* reçoivent leur mouvement d'un moteur bipolaire Rechniewski de 20 chevaux branché sur le réseau général de distribution à 110 volts. La réceptrice à courant continu actionne par courroie un alternateur Labour à basses tensions d'une puissance de 15,000 watts tournant à la vitesse angulaire de 480 tours par minute. Cette génératrice, qui possède 10 pôles inducteurs, produit des courants alternatifs de 100 volts dont la fréquence est de 40 périodes par seconde.

Cet alternateur, destiné au laboratoire central d'électricité, est construit de façon à pouvoir donner à volonté le courant alternatif sous 3 formes différentes, courant monophasé, biphasé ou triphasé. La même dynamo est de plus polymorphe, car elle produit le courant continu nécessaire à l'excitation de l'alternateur. Nous avions déjà vu à l'Exposition de Francfort plusieurs modèles de dynamos polymorphes, mais en dehors de quelques appareils de démonstrations, aucune machine de ce genre n'avait encore été construite en France.

Les courants engendrés par la rotation d'un anneau ou d'un tambour dans un champ inducteur fixe et constant sont primitivement alternatifs et ne deviennent continus qu'après avoir été redressés par un collecteur à touches multiples. Le même circuit induit tournant devant des inducteurs alimentés par un courant continu peut fournir à la fois un courant alternatif et un courant continu : il suffit de le relier d'un côté à un collecteur à bagues pleines et de l'autre côté à un collecteur à touches. En outre si le nombre des bobines du circuit induit est divisible par 6, on pourra obtenir des courants biphasés et triphasés en même temps que des courants alternatifs monophasés, en effectuant avec les bobines de l'induit 3 groupes de connexions reliés à 3 collecteurs différents. C'est ainsi que la dynamo de l'Exposition porte 4 collecteurs ; d'un côté se trouve un collecteur à touches pour le courant continu et à l'autre bout de l'arbre 2 bagues pleines pour le courant alternatif monophasé, 3 bagues pleines pour le courant triphasé. Les courants monophasés, biphasés et triphasés proviennent du même circuit induit composé d'un grand nombre de bobines logées dans un tambour en fer denté. Le courant continu est produit par un autre circuit, placé par-dessus le premier et ne portant qu'un petit nombre de spires. Théoriquement le même circuit peut servir à la fois pour le courant alternatif et pour le courant continu ; mais en pratique on éprouve des difficultés à faire coïncider dans un seul circuit la tension du courant continu avec la fréquence nécessaire pour le courant alternatif et l'on trouve plus facile d'employer deux circuits séparés.

L'alternateur Labour, dont l'induit a la forme d'un tambour très plat, est caractérisé par l'emploi de pièces polaires excessivement rapprochées et qui vont en s'amincissant vers les génératrices extrêmes du tambour. Cette disposition permet d'augmenter le nombre des pôles et par suite la fréquence du courant. La perte due aux dérivations magnétiques est compensée par la meilleure utilisation spécifique du champ, par suite de la forte induction magnétique créée dans les dents de l'induit et de la faible densité du flux dans les autres parties du noyau de fer de l'induit.

La génératrice de l'Exposition n'est utilisée que comme dynamo à courants biphasés et ses courants sont recueillis sur un des collecteurs à 3 bagues de l'induit.

CH. JACQUIN.

(A suivre.)

Digitized by Google

EXTRAITS

DE LA PRESSE INDUSTRIELLE

COMMUNICATIONS

Compteur de la Compagnie Continentale (1893).

Ce compteur qui peut servir pour les courants continus ou alternatifs comprend :

1° Un axe A, pouvant tourner de quelques degrés, et portant la bobine d'un électrodynamomètre BI, ainsi qu'un cylindre métallique D, attaché à A par des bras F.

2° Un second axe C, commandé par un électromoteur MN, et portant des aimants permanents EE, entourant D sans le toucher.

3° Un rhéostat intercallé dans le circuit du moteur M, et commandé par A.

4° Un compteur de tours V, commandé par C.

L'électrodynamomètre est formé de deux enroulements fixes II, à gros fils traversés par le courant à mesurer, et d'une bobine à fil fin B dérivée sur ce courant ; cette bobine est suspendue en *a* à un fil fixéà sa partie inférieure et traversant l'axe tubulaire A, que cette suspension centre sur ses pivots. Le moteur MN est formé de trois bobines M, avec asmes en fer, fixées au plateau en fer *m*, et reliées à un collecteur à trois contacts, et de deux inducteurs N, fixés au plateau *n*. Quand ce moteur tourne, les aimants E induisent en D des courants qui tendent à l'entraîner avec une force proportionnelle à sa vitesse et, en opposition au couple qui agit sur B proportionnellement à l'intensité du courant, de sorte que, si cette vitesse est réglée de manière que A reste

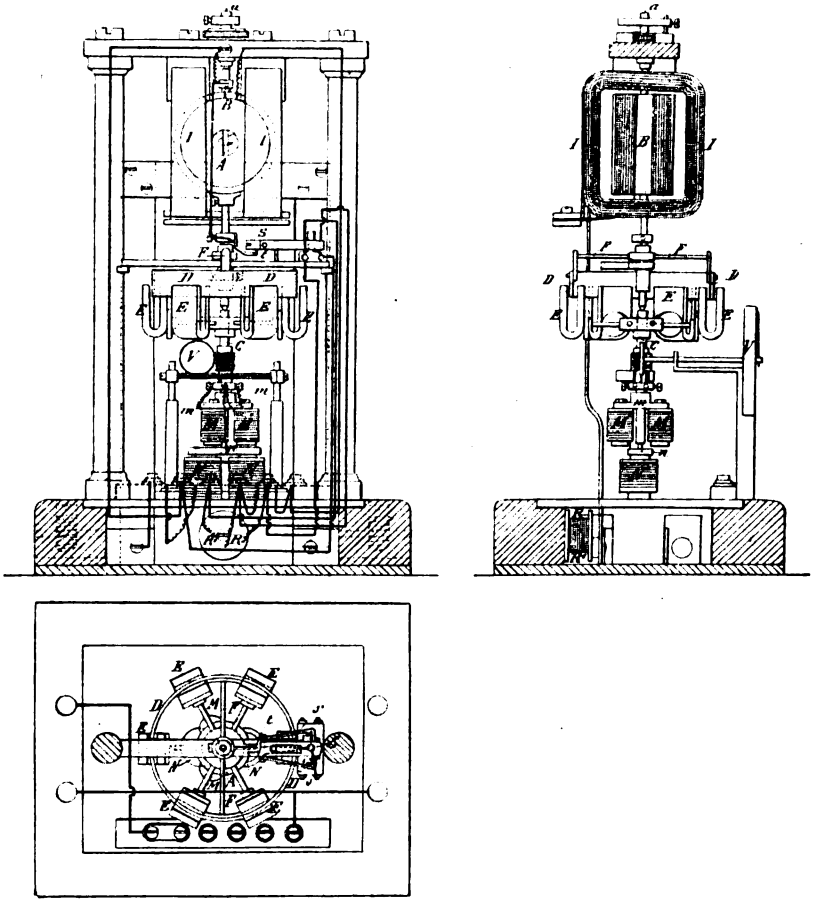


Fig 1 à 3. — Compteur de la Compagnie Continentale.

Digitized by Google

constamment en équilibre sous l'action de ces deux forces, elle sera, à chaque instant, proportionnelle à l'énergie (EI) du courant, qui sera ainsi donnée par le compteur V. Cet équilibre est réalisé par le rhéostat, que A commande, et qui règle l'intensité du courant dérivé au moteur. Il consiste (fig. 3) en une pièce isolante S commandée par un contact t, de manière à amener les ressorts s ou s_1 en contact respectivement avec 1 et 2, ou 3 et 4.

G. R.

Influence de la circulation sur la puissance d'évaporation de chaudières à bouilleurs, par John J. Thornycroft (1).

Pour obtenir d'une disposition donnée de chaudière tubulaire à feu extérieur la plus grande puissance d'évaporation, il est nécessaire que le contenu des tubes ne consiste, autant que possible, qu'en eau; et pour atteindre ce résultat la vapeur doit pouvoir s'en échapper librement et à la faveur d'une énergique circulation d'eau.

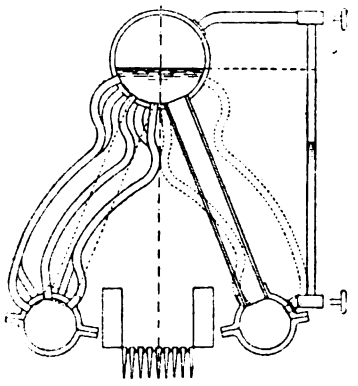


Fig. 1.

Considérons les chaudières représentées par les figures 1 et 2. Si la pression dans le réservoir inférieur, c'est-à-dire à l'extrémité inférieure des tubes, est celle due à toute la colonne d'eau de la chaudière s'ajoutant à la pression de la vapeur, toute la réduction de densité dans les tubes servira à créer une circulation; par conséquent toute diminution de cette pression due à la colonne d'eau, autrement dit toute diminution de la hauteur d'eau utilisée est une perte pour l'activité de la circulation. Les variations de pression peuvent être mesurées facilement à l'aide d'un tube de niveau reliant le réservoir supérieur aux réservoirs inférieurs. La différence entre le niveau de l'eau dans ce tube et celui de la chaudière, donne la mesure de la réduction de pression dans le réservoir inférieur.

L'auteur a fait des expériences dans des conditions variées avec les deux chaudières disposées comme l'indiquent les figures 1 et 2. Les trois dispositions essayées sont :

1. Tubes débouchant au-dessus du niveau d'eau de la chaudière;

2. Tubes débouchant au-dessous du niveau d'eau de la chaudière;

3. Tubes débouchant au-dessous du niveau d'eau de la chaudière (sans tubes de descente spéciaux).

Les courbes données dans la figure 3, montrent graphiquement les résultats obtenus; elles ont pour ordonnées la réduction de pression dans le réservoir inférieur en centimètres d'eau, et pour abscisses la vitesse d'évaporation en kilogrammes d'eau par mètre carré de surface de chauffe. On voit que l'on a poussé l'évaporation très loin, afin de déterminer le maximum de puissance que permet de développer chacun des dispositifs.

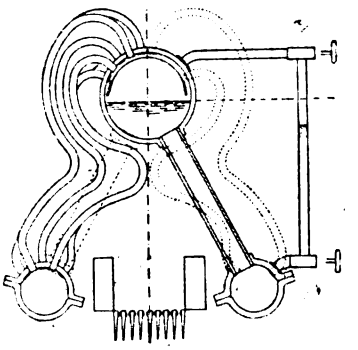


Fig. 2.

La première série des expériences (courbes I) est relative à la chaudière (fig. 1) avec ses

(1) Communication faite à l'Institution of Naval Architects.

Digitized by Google

tubes générateurs aboutissant dans le réservoir supérieur au-dessus du niveau de l'eau. La courbe montre qu'à mesure que l'évaporation croît, la différence de pression augmente légèrement, et à 100 kg. par mètre carré de surface de chauffe, le liquide à baissé de 7 centimètres et n'occupe plus que 85 o/o de sa hauteur initiale.

La deuxième série de courbes (II) est obtenue avec la chaudière figure 2 ayant la même surface de chauffe que celle de la figure 1, mais avec les tubes débouchant dans l'eau de la chaudière. Les courbes tombent bien plus rapidement que dans la première série, et en diminuent de moitié la pression de la vapeur, on réduit aussi la pression dans le réservoir inférieur. (Les points pris sur la figure correspondent à la pression de vapeur de 8, 1 kg. par cm², les points moyens à 4 kg. par cm², et les gros points à 2 kg. par cm²).

Enfin, en bouchant dans la chaudière de la figure 2, les tubes de descente, de façon qu'une partie des tubes générateurs agît comme tels, on a obtenu les courbes III, dont la forme est très différente de celle des deux premières séries. Une diminution de la pression de vapeur fait baisser beaucoup le niveau du liquide dans le tube témoin ; dans le cas d'une pression de 2 kg. par cm², le niveau s'abaisse de 38 centimètres, et tombe donc à 46 o/o de son maximum. Le point le plus important, toutefois, c'est que pour une pression donnée on arrive à une vitesse d'évaporation critique à laquelle la différence de hauteur des niveaux d'eau passe par un maximum, la vapeur ne pouvant alors être débitée assez rapidement par les extrémités supérieures des tubes et se trouvant refoulée vers le bas.

On voit que plus faible est la pression de vapeur, plus tôt on atteint ce point critique, et l'auteur a trouvé qu'en dépassant ce point on risque de surchauffer les tubes.

Si l'on compare les différentes conditions de fonctionnement dans ces trois séries d'expériences, en remarquant combien faibles sont les différences que peuvent nécessiter ces conditions dans le dispositif d'une chaudière, on comprend qu'il peut se falloir de bien peu pour qu'une chaudière destinée à fournir une grande vaporisation soit bonne ou mauvaise.

Comme conclusion, on peut dire que la présence de tuyaux de descente spéciale est une bonne condition pour obtenir une grande puissance d'évaporation, et que les tubes générateurs doivent aboutir non dans l'eau mais

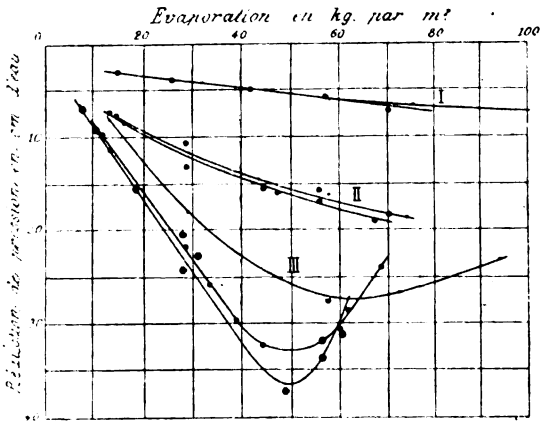


Fig. 3.

dans la chambre de vapeur. La circulation active favorisée par ces deux dispositions est une condition des plus importantes à remplir.

A. H.

Circuits communs pour téléphones et appareils Morse, par W. Christiani (1)

Il ne peut être question d'utiliser les circuits télégraphiques pour les communications téléphoniques, avec permutation des deux services, que sur les lignes peu chargées. Les lignes avec appareils Hughes ou les lignes très importantes avec appareils Morse ne peuvent servir également pour la téléphonie, par la raison très simple qu'elles sont constamment occupées. Si l'on tient compte des effets d'induction qui sont à craindre sur les lignes passant sur les mêmes poteaux, on ne trouve que quelques lignes secondaires qui pour-

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, août 1894.

Digitized by Google

raient à la rigueur être utilisées pour la téléphonie dans les intervalles non occupés par le service télégraphique.

La question est autre si l'on se propose d'utiliser temporairement pour les appareils Morse les petites, mais nombreuses lignes téléphoniques, qui ne sont presque jamais extrêmement chargées. Ces lignes servent dans bien des cas à prolonger le réseau télégraphique jusqu'aux petites localités de province, et peuvent, lorsqu'elles sont disposées pour le Morse, rendre des services importants soit périodiquement à certaines époques de l'année, soit dans des circonstances imprévues.

Pour l'aménagement des circuits télégraphique et téléphonique de ces lignes, l'auteur

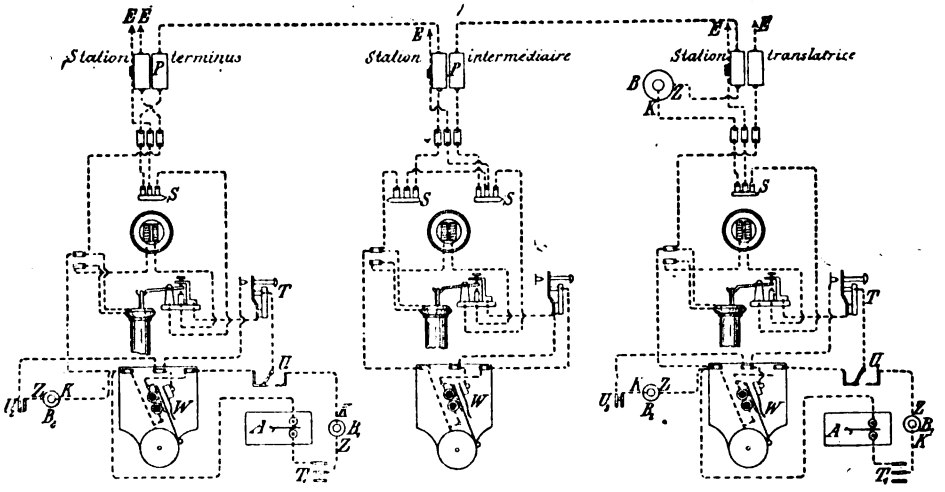


Fig. 1.

indique le montage représenté par la figure 1 et qui ne nécessite l'emploi d'aucun appareil spécial. La disposition des appareils téléphoniques correspond au montage avec courant continu employé en Allemagne, mais à la sonnerie W la communication du trembleur avec le levier de la clef T est rompue et reliée au contact de travail de cette clef, pour éviter qu'en fonctionnement télégraphique la sonnerie se trouve en dérivation sur le Morse. Le passage d'un service à l'autre s'opère en manœuvrant le commutateur à manette U_1 prenant contact, à gauche avec les appareils téléphoniques, à droite avec les appareils télégraphiques, ces derniers munis d'une petite batterie auxiliaire B_1 pour compenser la résistance du circuit. T_1 représente la clef Morse, A l'appareil télégraphique enregistreur. Les postes téléphoniques sans appareils Morse restent intercalés dans la ligne même pendant les communicatisns télégraphiques entre bureaux mixtes. Leurs sonneries fonctionnent donc, et indiquent l'occupation de la ligne ; dans ce cas, l'appel d'une station quelconque à une autre, peut d'ailleurs avoir lieu ; car si l'on abaisse la clef d'appel d'un poste téléphonique pendant que la station translatrice est intercalée par son Morse, l'armature de ce dernier vibre, et l'appel se produit tant par le bruit que fait l'armature que par les traces inscrites sur la bande de papier.

Ce montage a été essayé sur une ligne comportant quatre stations avec Morse et trois stations téléphoniques ; il a donné de bons résultats. Il était combiné avec une autres disposition des sonneries aux postes télégraphiques permettant l'appel entre ces derniers sans appel simultané aux postes téléphoniques. Ce montage est également indiqué sur la figure 1. Il consiste à intercaler une pile locale Br entre le trembleur et l'électro de la sonnerie, qui fonctionne alors en circuit local dès que l'armature vient à toucher le ressort. U_2 est un simple interrupteur dans le circuit de la pile locale. Comme ces sonneries sont disposées pour courant continu, toute inter-

Digitized by Google

ruption de la ligne les fait fonctionner, de sorte qu'elles avertissent également des ruptures accidentelles des fils.

On peut supprimer l'interrupteur U_2, si l'on fait opérer la mise en circuit de la pile locale par le crochet du téléphone. Tandis que la pile microphonique doit être fermée lorsque, le téléphone étant décroché, le crochet se soulève, il faut, au contraire, intercaler la pile d'appel dès que le téléphone est raccroché, c'est-à-dire que le crochet s'abaisse.

La disposition du crochet commutateur H peut alors être celle de la figure 2. Le fait de la nécessité d'installer une pile locale à toutes

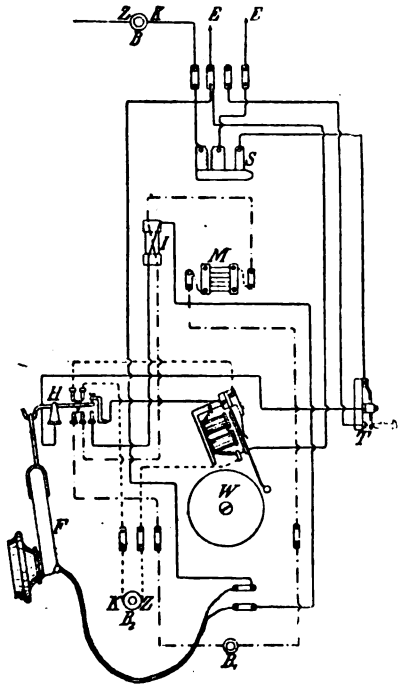


Fig. 2.

les stations ne présente pas grand inconvénient puisque les microphones nécessitent déjà quelques éléments, et que les piles sèches peuvent très bien trouver leur application dans ce cas.

Sur la possibilité de dériver d'un réseau à courants alternatifs à la terre un courant de sens invariable, par le major P. Cardew (1).

En essayant sur le réseau à courants alternatifs de haute tension de la Métropolitan Electric Supply Company une disposition devant agir comme indicateur de pertes à la terre, l'auteur a constaté dans certaines conditions l'existence d'un excès de courant dans un sens vers la terre à travers le diélectrique des câbles, ou à travers les défauts de la couche isolante.

Les connexions employées sont indiquées par la figure 1. A représente la génératrice à courants alternatifs, M_1 et M_2 les câbles de distribution, TT les transformateurs, B une batterie de quelques éléments Leclanché, G un galvanomètre d'Arsonval sensible, S le shunt au 1/9 de ce dernier, I_1 et I_2 des bobines de self-induction calculées pour ne laisser passer qu'un courant de 0,005 ampère sous l'action de la tension totale entre les bornes de la génératrice. L est une résistance non-inductive formée de quatre lampes à incandescence de 50 bougies et 50 volts en parallèle, E une connexion aux tuyaux à eau alimentant la station centrale.

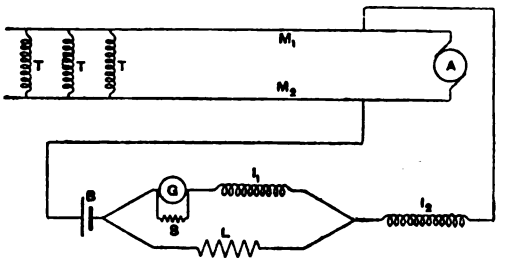


Fig. 1.

Dans la première expérience, les conducteurs principaux formaient onze circuits tous reliés à la même génératrice. La différence de potentiel alternative de ces circuits était un peu supérieure à 1000 volts, et la moitié en-

(1) Communication faite à la Société royale de Londres, d'après *The Electrician*.

Digitized by Google

viron de cette tension était indiquée par un voltmètre électrostatique entre M_1 et la terre. La batterie employée comportait six éléments, et les déviations suivantes ont été observées :

Avec le pôle + de la pile aux câbles, 20 divisions à gauche.

Avec le pôle — de la pile aux câbles, 140 divisions à droite.

Avec la pile hors circuit, 48 divisions à droite.

Diverses modifications furent essayées, mais dans tous les cas les résultats montrèrent qu'une force électro-motrice apparente de 5 à 6 volts tendait à créer un écoulement d'électricité positive vers la terre.

Pour vérifier cette observation, un petit voltamètre à cuivre, consistant en deux fils de cuivre plongeant dans une dissolution de sulfate de cuivre, fut intercalé à la place du galvanomètre et les shunts furent enlevés. Deux heures et dix minutes après sa mise en circuit, le fil relié aux câbles avait été tellement attaqué qu'il se rompit, tandis que le fil relié au tuyau à eau avait été visiblement grossi par un dépôt

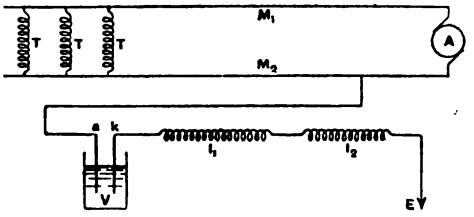


Fig. 2.

de cuivre. Le diamètre des fils étaient avant la mise en circuit de 0,125 mm.; après l'expérience, pour l'anode 0,05 mm., pour la cathode 0,18 mm.

La figure 2 donne le montage employé dans cette expérience avec le voltamètre V ayant pour anode le fil *a* pour cathode le fil *k*.

Dans une troisième expérience le circuit de mesure fut relié aux deux câbles et isolé de la terre, comme le montre la figure 3 On obtenait alors une déviation de 235 divisions de chaque côté, selon le sens de la pile, et pas de déviation du tout sans la pile.

En renversant les connexions de la figure 1, on obtint une déviation de 130 tombant graduellement à 98 en dix minutes, sans pile en circuit; et cinq éléments Leclanché reliés par leur pôle primitif aux câbles réduisirent cette déviation à zéro. Les déviations que l'on pouvait obtenir dans le montage de la figure 1, sans la pile, en reliant à la génératrice différentes longueurs de câbles du réseau étaient les suivantes :

Avec les câbles d'alimentation de la station de Manchester Square, seuls et isolés aux extrémités, la déviation était nulle;

Et ajoutant le circuit n° 10, déviation 15

—	—	n° 11,	—	25
—	—	n° 12, la déviation n'augmente pas.		
—	—	n° 7,	déviation	35
—	—	n° 6,	—	40
—	—	n° 5,	—	48
—	—	n° 4,	—	63
—	—	n° 3,	—	70
—	—	n° 2,	—	90
—	—	n° 1,	—	115

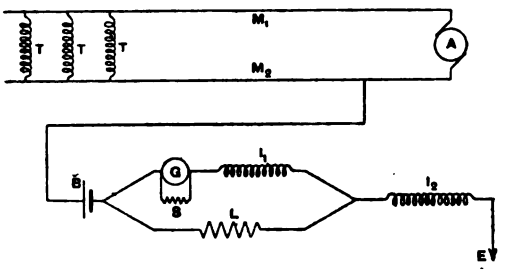


Fig. 3.

Dans tous les cas la déviation diminuait un peu pendant les premières minutes.

Pour avoir une idée de la sensibilité du montage, on a complété le circuit, par une résistance en graphite de 103 360 ohms substituée à la terre. Avec sept éléments Leclanché (une dizaine de volts) et avec les appareils indiqués dans la figure 1, la déviation produite était alors de quatre divisions de l'échelle.

Pour expliquer ces résultats, l'auteur admet que lorsque les câbles sont chargés d'électricité positive la polarisation produite est suffisante pendant la durée d'une alternance pour accroître considérablement la résistance de la

Digitized by Google

faible perte à la terre, probablement par la formation d'une couche d'oxydes; cet obstacle est détruit par l'onde suivante de charge négative qui rouvre le défaut. La durée d'une alternance est insuffisante pour produire un semblable effet sur le tuyau à eau et, par conséquent, le résultat final est le passage d'une quantité correspondante d'électricité négative des câbles à la terre, et d'une quantité correspondante d'électricité positive du tuyau à eau à la terre.

L'effet maximum observé correspond à une force électromotrice apparente un peu supérieure à 10 volts, avec les onze circuits reliés à la machine; mais il semble que l'effet pourrait encore être augmenté en ajoutant de plus grandes longueurs de câbles à la machine.

Parafoudre Engelmann pour circuits téléphoniques.

Ce parafoudre, décrit par l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, se compose (fig. 1 élévation, fig. 2 plan) d'une base G, sur laquelle est

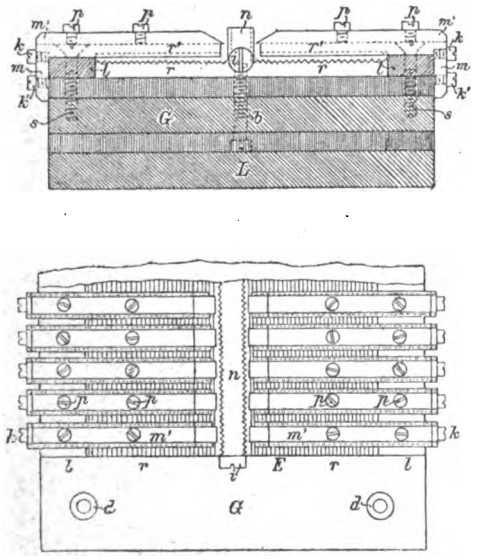


Fig. 1 et 2.

fixée à l'aide des vis *b*, une règle en laiton E à section en forme de ⊥, munie dans le sens de la longueur de nervures *r* à arêtes aiguës. Sur la partie médiane *n* de cette pièce métallique les nervures sont disposées verticalement. Cette pièce est en communication avec la terre.

D'autre part, des travers *l* fixées sur la base, portent maintenues par les vis *s*, des équerres en laiton *m*, également pourvues de nervures longitudinales *r'*, qui se croissent par conséquent avec celles de la pièce E mise à la terre. Chacune de ces équerres est reliée avec une ligne amenée aux bornes *k k'*.

Des pièces *m'*, peuvent glisser sur ces équerres et être approchées à la distance voulue, par leur extrémité taillée en biseau, près de la règle *n*, où des vis *p* permettent de les fixer.

Dans le modèle représenté par la figure 3 le parafoudre est muni d'un dispositif qui permet, à l'approche d'un orage, de mettre toutes les lignes à la terre en manœuvrant un commutateur.

La base G est percée longitudinalement d'un trou B. Celui-ci reçoit une barre de section elliptique *e* pivotant sur *h* et qu'une manivelle K permet de tourner. Le ressort *f* permet de fixer la manivelle en deux positions différentes. Le pivot *h* est relié à la terre par la vis *t* de même que la règle E.

Chaque équerre *m* est munie à son extrémité intérieure d'une lame de ressort pénétrant par une ouverture *o* de la plaque de terre E dans le trou B. Au repos ces lames ne touchent pas la barre *e*; mais lorsqu'on tourne la manivelle K d'un quart de tour toutes les lames *c*

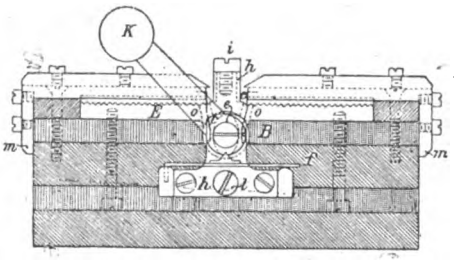


Fig. 3.

viennent en contact avec *e* et relient les lignes à la terre.

Au besoin, les manivelles de plusieurs parafoudres peuvent être reliées entre elles méca-

Digitized by Google

niquement, pour permettre la mise à la terre simultanée de toutes les lignes aboutissant à un bureau.

Voltmètre à grande echelle de lord Kelvin

Ce voltmètre est établi sur le même principe que l'ampèremètre Kelvin, mais il est pourvu d'une disposition qui empêche l'instrument de donner des indications avant que le voltage ait atteint une certaine valeur, et la partie nécessaire de l'échelle est ainsi plus étendue et à plus grandes divisions.

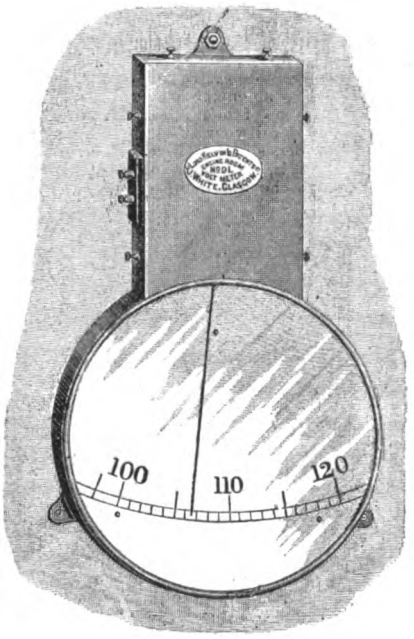


Fig. 1

Le plongeur en fer doux soulève un poids dès qu'il sort de la position de repos, mais ce poids est assez lourd pour retenir le noyau de fer jusqu'à ce que la tension atteint la limite de voltage désirée; à ce moment le plongeur commence à se mouvoir, et avec lui l'aiguille.

Par exemple, un instrument qui doit fonctionner à 100 volts, ne pourrait commencer à indiquer avant 90 volts. L'aiguille se déplacerait ensuite sur une échelle à très grandes divisions de 90 à 110 volts. On fait des instruments avec des échelles de 90 à 110, de 95 à 105 ou de 100 à 200 volts (fig. 1).

L'avantage, c'est que l'instrument prend peu d'énergie, et donne des indications visibles de loin.

Les divisions peuvent avoir plus d'un centimètre de largeur.

Voltmètre aperiodique Knowles (1894)

La bobine B est enroulée sur un noyau non magnétique C, symétriquement de part et

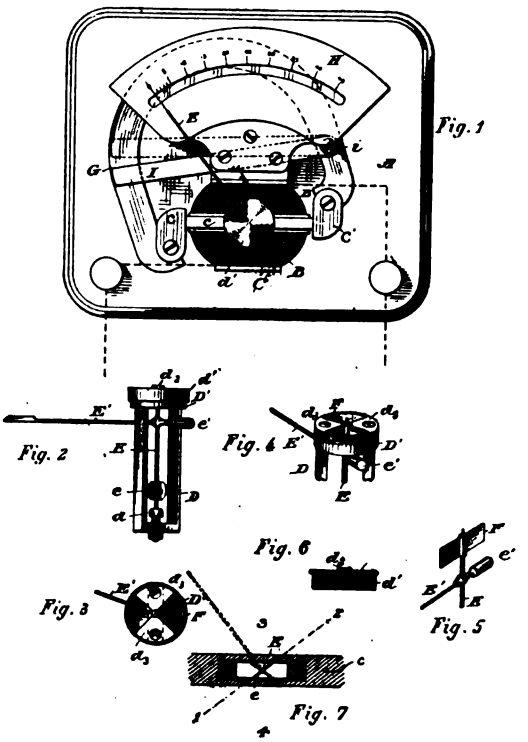


Fig. 1 à 7.

d'autre d'une cloison c, sur laquelle est montée la lanterne D (fig. 2), très mince, et à l'intérieur de laquelle pivote sur une crapaudine réglable d, et guidé en d_2 dans le couvercle d', l'axe E de l'aiguille E e', que son contrepoids e' tend à maintenir verticale. Cet axe porte une petite aiguille de fer doux e, très mince pour qu'elle soit entièrement parallèle aux lignes de force. La lanterne porte en D' deux secteurs d_3 et d_3 (fig. 4) entre lesquels tourne les palettes F, calées sur E, et qui constituent l'amortisseur.

L'aimant permanent G est fixé aux attaches

Digitized by Google

non magnétiques c' c' de C avec la ligne 1-2 de ses pôles inclinée sur l'axe vertical 3-4 de C afin que l'aiguille occupe normalement la position indiquée en 1-2 sur la figure 7, d'où elle passe à la position pointillée quand elle atteint l'extrémité de son quadrant H en réduisant au minimum l'épaisseur de D et en rapprochant le plus possible B de *e*.

La barre de fer I, pivotée en *i*, permet d'étalonner facilement l'appareil en modifiant la puissance des pôles de G, en même temps qu'elle en conserve le magnétisme comme une armature.

G. R.

Contact Tyer (1893)

Quand le train passe sur le rail R, la flexion de ce rail fait basculer le levier A_1A, qui entraine par la tige D, autour du pivot *gg*, la cuve à mercure G. Cette cuve, en ébonite, est fermée par un couvercle métallique H, dont les pointes *hh* ne touchent pas ordinairement le mercure, et qui est relié par S_1T_1 au fil L_1 d'un circuit de signal, dont l'autre fil L_1 est relié par QST au mercure. La bascule du levier AA_1, ferme ainsi, par *h* et le mercure, le circuit du signal.

La tige D, montée à frottement dans A, a ses mouvements limités par les butées E et F qui la maintiennent ainsi toujours en bonne position malgré les tassements permanents du rail R.

G. R.

Quelques avantages des courants alternatifs par S.-P. Thomson, (1).

Parmi les ingénieurs électriciens, il en reste quelques-uns n'ayant pas encore saisi tous les avantages que présentent les courants alternatifs par rapport au courant continu dans les systèmes de distributions d'énergie électrique. Des préjugés subsistent encore, qui veulent que les courants alternatifs sont moins aisés à manier, ou moins économiques, ou plus dan

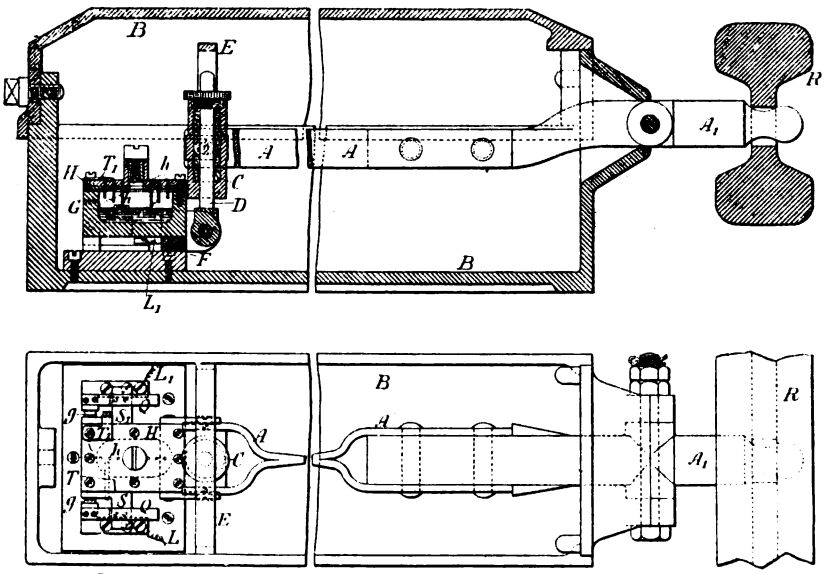


Fig. 1 et 2. — Contact Tyer.

(1) Communication faite à l'Association britannique réunie à Oxford. La lutte entre les partisans du courant continu et du courant alternatif étant toujours à l'ordre du jour, nous serons heureux d'insérer une note émanant d'un partisan autorisé du courant continu pour réfuter le plaidoyer de M. S. Thompson en faveur du courant alternatif. N. D. L. R.

Digitized by Google

gereux, ou encore moins faciles à mesurer que que le courant continu. On croit notamment que ces courants ne sont pas avantageux pour les moteurs. Et il est très triste de constater que ces préjugés sont consciemment entretenus par certaines personnes intéressés.

La présente communication a pour but d'indiquer quelques-uns des principaux avantages des courants alternatifs.

On sait que la transmission économique à distance de l'énergie électrique exige l'emploi de hautes tensions. La raison en est que la puissance est formée du produit de deux facteurs — intensité de courant et tension — dont le premier implique une certaine perte dans les conducteurs. Lorsque des courants intenses sont transmis à basse tension, une grande partie de la puissance sera transformée en chaleur dans les conducteurs et perdue pour l'effet utile, ou bien ces conducteurs devront être de si grande section que l'intérêt de leur coût d'établissement représente une perte notable. Avec de faibles courants et de hautes tensions — 1000, 5000, 10000 volts selon les cas — les conducteurs peuvent être minces et l'intérêt de leur coût d'achat peut devenir insignifiant.

Or, ce fait très important est complètement indépendant de la nature du courant. Toutefois, l'avantage des courants alternatifs sur le courant continu réside dans ce cas en ce que les hautes pressions doivent être considérablement abaissées avant l'entrée du courant dans les maisons. Donc, le système qui permet d'opérer la transformation à l'aide d'un transformateur fixe, consistant simplement en deux bobines enroulées sur un noyau commun, doit être préféré à celui nécessitant des machines en mouvement pour la transformation.

Il est d'autre part avantageux, quelle que soit la tension, dans tous les systèmes où des courants très intenses doivent être recueillis et débités, qu'il ne soit pas nécessaire d'employer ni à la génératrice, ni aux moteurs des commutateurs ou des contacts à frottement, avec leur balais réglables et tous autres accessoires. Le commutateur — adjuvant indispensable de a dynamo à courant continu — est reconnu de longue date comme le point faible de la machine au point de vue mécanique. Il est compliqué et coûteux, exige beaucoup plus de soins que toute autre partie de la machine, est soumis à une usure rapide; et la circonstance que dans des conditions peu éloignées de l'état normal il donne lieu à des étincelles sérieuses est également un inconvénient.

Les types d'alternateurs à armature mobile exigent, il est vrai, des bagues de collecteur (contacts frottants) et des balais, dispositif auquel les remarques précédentes ne peuvent guère s'appliquer, puisqu'il ne donne pas lieu à réglages et ne produit pas d'étincelles. Mais les types d'alternateurs les plus en faveur n'exigent même pas ces parties (excepté dans les circuits d'excitation où leurs inconvénients sont négligeables), l'armature à haute tension étant fixe. Les seules parties mobiles sont constituées par des masses de fer et de cuivre montées sans isolation particulièrement soignée et tournant sans nécessiter de surveillance. La suppression de tous les ennuis provenant des commutateurs et des balais n'est pas un mince avantage pour le conducteur d'une station centrale.

Un autre avantage, de nature différente, consiste dans la plus grande sécurité des courants alternatifs. Ils favorisent beaucoup moins les fuites dans les circuits de distribution que les courants continus de même voltage. Cela provient de la petitesse de l'action électrolytique. S'il existe un point faible dans l'isolement d'un conducteur, le courant continu le découvre et y produit une corrosion chimique qui, tôt ou tard, finit par former un arc pouvant faire naître un incendie. Les corrosions de tuyaux d'eau et de gaz dont on s'est plaint en maints endroits est inconnue là où des courants alternatifs sont employés. Le danger pour les personnes est, je pense, moindre avec le courant alternatif à égalité de voltage, qu'avec le courant continu dont l'action destructive sur les tissus est plus énergique.

Digitized by Google

Il n'y a pour le courant continu qu'un seul moyen de régler l'intensité, tandis que deux modes de régulation se présentent pour les courants alternatifs. Dans le cas du courant continu, nous réglons en introduisant des résistances qui absorbent de l'énergie. C'est comme si, pour modérer la vitesse d'un tour, nous lui appliquerions un frein au lieu de changer le rapport des engrenages. Mais dans le cas des courants alternatifs nous avons, outre le précédent, un autre moyen non dispendieux consistant dans l'emploi de bobines de réaction qui agissent en créant automatiquement une force contre-électro-motrice refoulant le courant au lieu de le dissiper.

Ce serait aller trop loin que de parler longuement des études faites dans ces dernières cinq ou six années sur les combinaisons de deux, trois courants alternatifs ou plus, avec des phases différentes. Les combinaisons de courants alternatifs à deux et à trois phases employant trois ou quatre fils pour leur transmission, au lieu du système ordinaire à deux fils sont maintenant bien connues, et on sait les avantages qu'elles offrent dans des cas particuliers. On se dira naturellement qu'un système nécessitant trois ou quatre conducteurs au lieu de deux, étant plus compliqué, ne peut pas être avantageux, par rapport au système simple à courant continu. Cela est évident; pourtant le fait subsiste, qu'avec les systèmes bi et triphasés on peut obtenir des résultats que ne peuvent donner les systèmes plus simples.

On a trouvé qu'il était essentiel, ou tout au moins avantageux dans les villes ou le courant continu est consommé sur une grande échelle, d'abandonner la séduisante simplicité du système à deux fils, et d'adopter au contraire une distribution à trois fils, à quatre fils ou même à cinq fils, de sorte que la simplicité n'est plus du côté du courant continu. D'ailleurs, dans la distribution à trois fils de courants alternatifs triphasés, le poids total de cuivre employé dans les conducteurs est moindre que dans le système ordinaire à deux fils à courant continu ou à courants alternatifs. Mais le principal avantage des courants alternatifs polyphasés à trois fils, réside dans la grande facilité avec laquelle ils permettent de faire fonctionner les moteurs.

Au Congrès d'électricité de Chicago, au cours d'une discussion sur les systèmes polyphasés, l'auteur a exprimé l'opinion que le système polyphasé, quoique convenant au cas de la transmission de force entre une seule génératrice et une réceptrice unique, doit être remplacé dans la généralité des cas où la puissance est distribuée à un grand nombre de moteurs indépendants, par le courant alternatif simple, puisqu'on possède maintenant, des moteurs démarrant sous charge. En considérant, toutefois, les avantages des moteurs à deux et à trois phases, on en vient à chercher la transformation des courants biphasés, en triphasés, ou de l'une de ces deux formes en courants alternatifs simples. Des convertisseurs fixes permettant d'opérer cette transformation ont été présentés par l'auteur et quelques jours plus tard par M. Scott, de la Compagnie Westinghouse. Il n'est donc pas exagéré de dire qu'en partant d'une distribution triphasée, on pourrait fournir aux abonnés soit des courants biphasés, soit des courants alternatifs simples, en installant simplement une transformation appropriée.

L'application des courants alternatifs aux électro-aimants révèle d'autres propriétés avantageuses auxquelles on a prêté jusqu'ici peu d'attention. Quelque grands qu'aient été les services rendus par les électro-aimants depuis leur invention en 1885, ils sont destinés à jouer un rôle encore plus important dans les problèmes pratiques électro-mécaniques, depuis qu'on a étudié les propriétés que les courants alternatifs leur font acquérir.

En 1887, M. Elihu Thomson découvrit un certain nombre de propriétés singulières des aimants alternatifs dans les répulsions produites sur des disques de cuivre, et dans la rotation de cylindres et de sphères.

L'hiver dernier, l'auteur étudia la construc-

Digitized by Google

tion et les propriétés des électros alternatifs, et présenta récemment, en collaboration avec M. Miles Walker un mémoire sur ce sujet à la Société de physique de Londres (1). On sait que les forces magnétiques d'un aimant décroissent très rapidement avec la distance, à partir des pôles. Pour les aimants permanents, lorsque les pôles peuvent être considérés comme des points, la force diminue comme l'inverse du carré de la distance. Dans le cas des électros en fer doux excités par un courant continu, l'attraction exercée sur l'armature diminue encore plus rapidement. Au contact, les forces peuvent être énormes, et malgré cela elles peuvent être très faibles à une petite distance des pôles.

Avec des courants alternatifs alimentés à voltage constant, les choses sont différentes. Avec un aimant bien construit, l'attraction sur l'armature peut être maintenue constante sur une distance considérable; dans quelques cas même, elle peut être plus grande à une certaine distance que tout près des pôles. Par exemple, l'auteur a fait construire par M. Walker un électro-aimant qui, excité avec 50 volts alternatifs, donnait une attraction de 250 grammes lorsque l'armature était en contact avec les pôles, tandis qu'avec un écart de 8 centimètres l'attraction était de 1 kilogramme. Ces faits introduisent dans les dispositifs électro-mécaniques un élément entièrement nouveau.

Ces singularités proviennent des variations qu'éprouve la *réactance* lorsque la position relative des pièces de fer varie, tandis que le courant continu n'est influencé que par les variations de la *résistance*.

Un autre point curieux des électros alternatifs est relatif à leur enroulement. Dans le cas du courant continu, l'électro est d'autant plus puissant qu'il y a plus de tours de fil enroulés sur son noyau. Mais avec les courants alternatifs existe un certain nombre de tours pour chaque noyau, nombre généralement petit, pour lequel l'aimantation est maxima, et si l'on continue à enrouler du fil au-delà de ce nombre de tours, on *diminue* la puissance magnétique au lieu de l'augmenter.

(*A suivre.*)

(1) *La Lumière Electrique* du 23 juin 1894, p. 588.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Le Meeting de Brooklyn de l'« American Association for the Advancement of science » (1)

Le quarante-troisième Meeting de l'« American Association for the Advancement of science » s'est tenu cette année à Brooklyn, du 15 au 22 août, sous la présidence du docteur D. G. Brinton. Bien que le nombre des Mémoires lus devant les différentes sections soit considérable, quelques-uns seulement, communiqués aux sections A et B, intéressent les électriciens.

Dans la section A (Mathématiques et Astromie), nous n'avons à signaler qu'un seul mémoire, présenté par M. I. A. Bauer et ayant pour titre : *Une extension de la théorie de Gauss sur le magnétisme terrestre*. L'auteur y démontre que le potentiel du magnétisme terrestre en un point de la surface de la terre peut être obtenu, en suivant la méthode de Gauss, sans qu'il soit nécessaire de connaître l'intensité de la force magnétique pourvu qu'on connaisse sa direction ou tout au moins l'un des éléments qui définissent cette direction. Il en résulte la possibilité de déterminer ce potentiel pour toutes les époques antérieures à celles pour lesquelles nous possédons des mesures de l'intensité des composantes de la force magnétique, mais pour lequelles nous possédons des observations de la déclinaison et de l'inclinaison, ou seulement de l'une de ces quantités. Comme les observations de ces dernières quantités remontent à plusieurs centaines d'années on peut donc calculer et introduire dans l'expression du potentiel un terme

(1) D'après *the Electrical World* des 18 et 25 août et du 1er septembre.

Digitized by Google

représentant la variation séculaire. Cette expression générale du potentiel permettra alors de résoudre un grand nombre de problèmes, tels que la construction de la carte magnétique du globe à une époque quelconque de l'intervalle de temps ou encore la détermination de la courbe décrite par le pôle magnétique pendant cet intervalle. M. Bauer se borne à démontrer la possibilité théorique de résoudre ces questions, leur solution complète exigeant un travail énorme, tant à cause de la compilation nécessaire qu'à cause de la longueur des calculs.

A la section B (Physique), M. Mary C. Noyes a présenté une note sur l'*Influence de la chaleur et de l'électricité sur le module de Young d'une corde de piano*. Dans ses expériences le fil était chauffé par un courant circulant dans une bobine magnétisante entourant le fil, ou, par un courant traversant le fil lui-même. Dans ce dernier cas on constatait une augmentation de la valeur du module, mais cette augmentation était irrégulière.

La communication *sur la vitesse des particules dans l'arc électrique*, faite, à la même section, par le professeur B. W. Snow, de l'Université de Madison, présente plus d'intérêt. S'il est vrai que la décharge électrique entraîne des particules matérielles dans un sens déterminé, la longueur d'onde des radiations émises par ces particules doit, pour un observateur placé dans la direction du mouvement, dépendre de la vitesse de ces particules. Par conséquent, en recevant ces radiations sur un spectroscope on doit voir les lignes du spectre déplacées par rapport à leurs positions normales. Tel est le principe, bien connu et bien souvent appliqué, de la méthode employée par l'auteur. Pour l'appliquer il prenait deux charbons horizontaux, reliés à une machine à courants alternatifs ; l'un d'eux était creusé suivant son axe, l'autre contenait un fil de fer. Suivant la direction commune des axes de ces charbons et du côté du charbon creux, était disposée la fente au spectroscope à réseau possédant une grande dispersion. Les vapeurs de fer provenant de la volatilisation du fil par la chaleur de l'arc, donnaient dans le spectre des lignes facilement reconnaissables. Si ces vapeurs avaient été entraînées, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre par les décharges alternatives, leurs lignes spectrales auraient dû se déplacer dans un sens, puis dans l'autre ; à cause du peu de durée de chaque décharge on aurait dû observer un dédoublement de ces raies ou tout au moins un estompage de leurs bords. Or les raies étaient toujours fort nettes bien que l'appareil eut permis de constater un déplacement égal à la centième partie de la distance séparant les deux raies D du sodium, déplacement auquel correspond une vitesse de translation des particules lumineuses de 1 mile par seconde. Il faut donc conclure de ces expériences que, dans l'are électrique, les particules ne se déplacent pas un sens déterminé, ou tout au moins que, s'il existe un mouvement de translation de ces particules, la vitesse de ce mouvement suivant la direction des axes des charbons est moindre que 1 mile par seconde (1).

Le professeur Samuel Sheldon, après avoir lu un Mémoire *sur un effet calorifique de la vitesse de migration des ions hydrogène*, répéta devent les membres de la section de physique quelques-unes de ses curieuses expériences sur l'échauffement d'une électrode plongée dans l'eau ou tout autre électrolyte. Dans ces expériences l'anode était une grande plaque de plomb, la cathode une barre de fer

(1) Rappelons que M. Trowbridge a publié en 1890 (*Philosophical Magazine*, t. XXX, p. 480 ; *La Lum. Elect.*, t. XXXIX, p. 489), des recherches sur le même sujet, fondées sur le même principe et qui l'ont conduit à la même conclusion. Il faisait jaillir une décharge oscillante entre deux cylindres de fer, l'un plein, l'autre creux. Il recevait la lumière, dirigée suivant l'axe de ce dernier cylindre, sur un réseau plus dispersif encore que celui employé par M. Snow et photographiait le spectre ainsi obtenu. Sur la même plaque il prenait une photographie du spectre de la lumière émise dans une direction normale à l'axe de la décharge. La comparaison des deux photographies ne décelait aucun déplacement des raies.

Digitized by Google

de faible section ; la partie immergée de cette dernière était portée à une température suffisante pour la rendre lumineuse. Des propres expériences de l'auteur et de celles d'autres expérimentateurs il résulte que l'une des électrodes doit être très grande par rapport à l'autre pour que le phénomène se produise ; que ce phénomène est instable pendant le dégagement gazeux ; que la couleur de la lumière émise dépend de la force électromotrice, de la nature de l'électrolyte et de celle des électrodes. Pendant tout le temps qu'il dure, le courant qui traverse l'électrolyte est faible. Enfin la force électromotrice nécessaire à sa production varie avec la résistance spécifique de l'électrolyte ; elle ne dépend pas de la nature des électrodes mais dépend de leurs formes. M. Sheldon l'explique en admettant que la vitesse des sons hydrogène ne peut dépasser une certaine limite, de sorte que, si la force électromotrice est telle que la vitesse des ions correspondante est plus grande que cette limite, il y a un excès de travail que l'on doit retrouver sous quelque forme, et c'est cet excès qui produit l'échauffement de la plus petite des électrodes.

Faute de plus amples renseignements nous ne pouvons que signaler un mémoire du docteur F. Bedell sur le *Potentiel magnétique*, dans lequel l'auteur considère l'influence de la perméabilité magnétique sur la valeur du potentiel d'un aimant ou d'un courant en un point de l'espace.

M. C.-J. Rolleson présentait une note sur *une méthode phonographique pour l'inscription des courbes des courants alternatifs*. Cette méthode comprend deux opérations : d'abord l'inscription sur le cylindre d'un phonographe; en second lieu l'amplification de cette inscription à l'aide d'une disposition convenable. Elle paraît spécialement adaptée à l'étude des harmoniques des courants alternatifs. Avec l'aide d'un appareil de Kœnig le nombre et, jusqu'à un certain point, l'intensité des harmoniques du courant peuvent être déterminés.

Dans une note intitulée : *Quelques caractéristiques magnétiques de l'iridium*, le professeur S.-H. Brackett rendait compte d'expériences faites sur des échantillons d'iridium, complètement exempt de fer, préparé par M. J. Holland. Il a reconnu qu'une barre placée dans un champ magnétique se magnétise plus fortement dans le sens transversal que dans le sens longitudinal et que l'intensité magnétique comparée à celle de l'acier est dans le rapport de 1 à 12. Un appareil construit spécialement pour la mesure de la perméabilité magnétique montra que cette quantité est pratiquement nulle. Il a été constaté qu'il ne suffit pas, pour aimanter l'iridium, de le placer ou de le faire mouvoir dans un champ magnétique; il est en outre indispensable de le faire vibrer. En aimantant ainsi une barre placée entre les pôles d'un électro-aimant et en employant des courants de diverses intensités il a été possible de déterminer la courbe de susceptibilité magnétique de l'iridium ; l'étude de la distribution du magnétisme était faite à l'aide d'un petit aimant suspendu. Au lieu d'un électro-aimant l'auteur se servait aussi d'un appareil construit pour aimanter par touche octuple, c'est-à-dire permettant d'aimanter chacune des quatre faces du barreau pour la touche séparée.

Les deux communications dont il nous reste à parler sont relatives à la foudre, — sujet d'actualité à l'époque du meeting, plus de deux cents personnes ayant été tuées par la foudre, aux Etats-Unis, pendant les mois de juin et de juillet.

L'une d'elles, intitulée *la foudre considérée comme un cas de déperdition de l'énergie*, était présentée par M. Hodges. Elle a pour objet la description d'un nouveau système de protection contre la foudre, basé sur cette idée que, la foudre devant toujours détruire quelque chose, il suffit, pour éviter des dégâts importants, de la forcer à détruire une chose de faible valeur. Dans ce but l'édifice à protéger est entouré d'un ou plusieurs rubans de

Digitized by Google

cuivre mince qui sont prolongés de soixante quinze pieds dans la terre en prenant des précautions pour que cette partie des rubans puisse être volatilisée par la foudre dont l'énergie destructive se trouve ainsi dépensée. D'après l'auteur le coup de foudre le plus intense ne peut volatiliser plus d'une livre de cuivre. Cette dernière assertion a été vivement combattue par le professeur Mac Farlane qui a montré que l'énergie d'un coup de foudre, calculée d'après les nombres donnés par M. Hodges, est un million de fois plus grande que l'énergie nécessaire pour volatiliser une livre de cuivre. D'autres physiciens ont, en outre, fait de nombreuses objections au système de protection proposé.

Quelques éclairs remarquables, est le titre de la dernière communication, due à M. A. Mc Adie. Après avoir montré la nécessité d'observer les éclairs de plusieurss stations différentes si l'on veut se rendre compte de leurs formes, l'auteur exposait les photographies obtenues en dirigeant vers une même région de l'espace, les objectifs de trois appareils photographiques placés dans trois directions différentes. Toutes indiquaient qu'un éclair est en quelque sorte analogue à une flamme à contours définis.

J. B.

La chaleur de dissociation d'après la théorie électrochimique, par H. Ebert (1)

« A chaque période du développement de la chimie il a été fait des expériences pour se rendre compte des forces qui, dans les corps composés, lient les atomes les uns aux autres. Von Helmholtz a montré le premier, en s'appuyant sur les lois de l'électrolyse de Faraday et sur la doctrine de la valence de Kékulé, que, dans le cas des électrolytes, chaque valence doit être considérée comme chargée d'une quantité minimum d'électricité, la « charge de valence », qui, comme un atome électrique, ne peut être divisée(1); de la sorte, les affinités chimiques sont, en réalité, déterminées par la situation électrostatique de ces charges élémentaires fixées aux atomes matériels des divers fluides. D'après cette théorie, le travail de dissociation qui doit être dépensé pour décomposer une molécule, électriquement neutre, en ses constituants chargés d'électricités de noms opposés, doit être identique avec le travail dépensé pour amener les *charges de valence*, de leurs positions réelles dans les molécules, à des distances telles que nous puissions regarder les molécules comme dissociées. La chaleur de dissociation doit alors être partiellement ou pleinement équivalente au travail électrique. Nous verrons que la chaleur de dissociation est déjà entièrement consommée rien que pour vaincre les attractions électriques des charges de valence; par suite, comparées avec les forces électriques, les forces purement chimiques doivent avoir un effet tout à fait inverse.

« Si les charges de valence $+e$ et $-e$ adhé-

(1) *Wiedemann's Annalen*, t. L, p. 255-261, d'après le *Philosophical Magazine* de septembre 1894.

(1) On peut exprimer autrement qu'il existe des quantités minima d'électricité qui ne peuvent être divisées et qui sont associées aux plus petites particules des masses pondéables. Soient, en effet, e cette quantité élémentaire, et X, Y, Z les composantes des forces qu'elle exerce; on a

$$e = -\frac{1}{4\pi}\left(\frac{\partial X}{\partial x}+\frac{\partial Y}{\partial y}+\frac{\partial Z}{\partial z}\right).$$

L'expression entre parenthèse n'est autre chose que la « convergence des lignes de force électriques » (MAXWELL, *Traité*, t. I, § 25, et voir aussi HEAVISIDE, *Electrical Papers*, t. I, p. 210, 1892). Nous pouvons donc également dire : la convergence des lignes de force vers un atome de matière pondérable ne peut diminuer au-delà d'une certaine limite. D'après cela l'existence des quantités d'électricité élémentaires est intimement liée aux propriétés *géométriques* de l'espace et de la matière qui le remplit. En s'appuyant sur certaines représentations mécaniques déterminées on peut alors alléguer de nouvelles raisons. Ainsi dans quelques-unes des théories mécaniques du champ électrique les tubes de force sont identifiés avec des files de tourbillons. Ces files peuvent se fermer sur elles-mêmes ou aboutir sur les atomes pondérables contenus dans l'éther. Mais elles doivent avoir une section droite finie; par suite le nombre des tourbillons aboutissant sur la plus petite particule matérielle doit être limitée.

Digitized by Google

rent chacune à un des deux atomes d'une molécule neutre électriquement, ces atomes s'attireront avec une force

$$f = -\frac{e^2}{r^2} \text{ dynes}$$

lorsqu'ils seront à une distance r.

« Nous ignorons comment ces quantités élémentaires sont fixées aux atomes. Du fait de la radiation, que nous pouvons attribuer à des vibrations des charges de valence, nous devons conclure qu'elles doivent osciller autour de certaines positions moyennes, mais nous ne savons encore rien d'exact sur la distance de ces centres d'oscillation dans la molécule.

« Comme première approximation nous pouvons regarder les atomes comme des sphères qui sont en contact dans la molécule. Le diamètre d de ce qu'on appelle la sphère d'activité moléculaire doit alors être du même ordre de grandeur que la somme des diamètres de ces sphères. L'hypothèse la plus simple que l'on puisse faire relativement aux oscillations des charges de valence est d'admettre que dans chaque atome ces oscillations se produisent symétriquement par rapport au centre. La moyenne distance des charges de valence dans la molécule non dissociée est donc alors $\frac{d}{2}$. Par suite, pour transporter ces charges à une distance telle qu'elles n'agissent plus l'une sur l'autre, il faut dépenser pour chaque molécule une quantité de travail

$$a = -\frac{e^2}{\frac{1}{2}d},$$

et pour le poids moléculaire cette dépense de travail est

$$A = -\frac{2z\,e^2}{d},$$

z étant le nombre des molécules.

« Par conséquent, si en comparaison des forces électriques, les forces d'une autre espèce, comme celles d'affinité chimique, celles de gravitation, sont négligeables, le travail de dissociation doit être complètement défini par la charge de valence, le nombre de molécules correspondant au poids moléculaire et le diamètre des molécules. Or von Helmholtz a montré (1) que le travail de la gravitation est tout à fait négligeable par rapport au travail électrique, car les forces électriques sont plusieurs millions de fois plus grandes que les forces de gravitation. D'autre part, le travail de dissociation calculé à l'aide des quantités qui viennent d'être mentionnées étant, ainsi qu'on le verra, du même ordre de grandeur que le travail déterminé expérimentalement, les forces véritablement chimiques ne peuvent avoir qu'un effet insignifiant par rapport à celui des forces électriques; nous devons donc conclure que l'affinité chimique est essentiellement une propriété électrique des plus petites particules.

« M. F. Richarz (2) a montré que, dans le cas du peroxyde d'azote, on arrive à des valeurs acceptables de la sphère d'action des molécules en considérant le travail nécessaire à la dissociation du Az^2O^4 en 2 AzO^2 comme un travail électrique accompli à l'encontre des attractions des charges élémentaires; dans ces considérations il admet que les charges élémentaires se rapportent à la valence libre du groupe monovalent Az^2O^3 (où trois des quatre valences de O^2 sont détruites par l'azote trivalent, une dernière valence restant libre).

« Il serait intéressant de faire un calcul du même genre dans le cas très important d'un gaz simple. Dans ce but l'hydrogène et la vapeur d'iode se recommandent spécialement par ce fait que nous connaissons les valeurs de leurs chaleurs de dissociation. D'après la théorie électro-chimique de Helmholtz deux atomes d'hydrogène sont liés ensemble dans la molécule, parce que l'un possède une quantité positive d'électricité, par exemple celle

(1) H. von Helmholtz, *Vortrage und Reden*, t. II, p. 317 (1884.)

(2) *Sitzungsberichte der Niederrhein. Gesellschaft zu Bonn*, 12 janvier, 1891 *Verhandl, der Phys. Gesellschaft zu Berlin*, 26 juin 1891, p. 73.

Digitized by Google

qu'il aurait dans un électrolyte, tandis que l'autre au contraire se trouve chargé négativement, ayant changé sa charge positive en une charge négative par un phénomène anologue à l'électrolyse. Par suite, la molécule d'hydrogène est neutre électriquement pour un point extérieur. Il en est de même pour la vapeur d'iode. Cette conception d'une molécule formée d'un atome positif et d'un atome négatif a été appliquée avec succès par MM. W. Giese, A. Schuster, J.-J. Thomson, Elster et Geitel, etc., à l'explication d'une série de phénomènes relatifs aux décharges dans les gaz.

« Nous avons des données relatives à la dissociation de l'hydrogène. En 1880 E. Wiedemann, dans ses expériences calorifiques et optiques sur les gaz soumis à l'influence des décharges électriques, a déterminé la quantité de chaleur W nécessaire pour résoudre les molécules d'hydrogène, donnant le spectre de bandes, en leurs atomes qui donnent le spectre de lignes. Il a trouvé ainsi 128300 gram.-calories par gramme d'hydrogène. Ce nombre doit être regardé comme la limite la plus élevée de la valeur de la chaleur de dissociation de H^2, car il renferme la quantité de chaleur qui est nécessaire pour porter l'hydrogène à la température de dissociation. En tout cas il est très voisin de celui qui exprime la vraie chaleur de dissociation.

« Ainsi les mesures calorimétriques directes donnent pour l'hydrogène

$$W_H \leqq 1283 \times 10^5 \text{ calories},$$

ou pour le poids moléculaire de l'hydrogène

$$W_{H_2} \leqq 2566 \times 10^5 \text{ calories},$$

« La chaleur de dissociation de la vapeur d'iode calculée par Boltzmann (1), au moyen des courbes de dissociation résumant les observations faites par Meier et J.-M. Crafts à diverses températures, est $y = 1125$ calories par gramme. Par conséquent pour dissocier un poids égal au poids moléculaire 253,6 de I^2 il faut 2853×10^4 calories.

Ce nombre est, ainsi qu'on le voit, du même ordre que celui qu'obtient Wiedemann pour l'hydrogène par une méthode toute différente. Il est un peu plus petit, mais ceci concorde avec ce fait que la vapeur d'iode est dissociée à une température beaucoup plus basse que celle qui est nécessaire pour dissocier l'hydrogène, comme le montre la diffculté que l'on a à obtenir le spectre de bandes de l'iode.

« Le nombre de Wiedemann donne pour le travail de dissociation de l'hydrogène exprimé en ergs

$$A_H \leqq 1{,}1 \times 10^{12} \text{ ergs}.$$

Celui de Boltzmann conduit à la valeur

$$A_I = 1{,}2 \times 10^{12} \text{ ergs}$$

pour le travail de dissociation de l'iode.

« Toutes les autres données nécessaires au calcul sont fournies par la théorie de l'électrolyse et la théorie cinétique des gaz.

« Des plus récentes déterminations de F. et W. Kohlrausch du volume de gaz détonant mis en liberté par 1 ampère en une seconde, Richarz (vide ante) a déduit pour la valeur de la charge élémentaire,

$$e = 1{,}29 \times 10^{-10} \text{ C.G.S.}$$

« Moi-même(1) j'ai trouvé par une voie complétement différente, en supposant que l'énergie de radiation d'une vapeur lumineuse dépend des vibrations électriques des charges de valence,

$$e = 0{,}14 \times 10^{-10} \text{ C.G.S'},$$

nombre qui est du même ordre de grandeur que le précédent, ce qui justifie mon hypothèse.

« La théorie cinétique des gaz donne pour le diamètre moléculaire $d = 10^{-8}$ cm. et pour le nombre de molécules d'hydrogène dans

(1) *Wiener Berichte*, 1883, p. 861.

(1) *H. Ebert, Wied. Ann.* t. XLIX, p. 651 (1893)

Digitized by Google

l'unité de poids, $6,7 \times 10^{23}$; dans le poids moléculaire d'un gaz ou d'une vapeur il y a donc $z = 1,3 \times 10^{29}$ molécules.

« Si l'on porte ces valeurs dans les formules précédentes, en prenant pour *e* la valeur trouvée par Richarz, on obtient

$$A = 4,3 \times 10^{12} \text{ ergs}$$

« Cette valeur est tout à fait de l'ordre de grandeur des valeurs données ci-dessus pour l'hydrogène et pour la vapeur d'iode; elle est seulement un peu plus grande que cette dernière.

« De ceci il résulte que *tout le travail requis pour la dissociation des molécules de l'hydrogène et de l'iode est employé à vaincre les forces attractives purement électriques qui s'exercent entre les charges de valence.*

« De ce que la chaleur de dissociation est ainsi complètement dépensée en travail électrique il s'en suit, d'accord avec beaucoup d'autres faits, *que les forces d'affinité chimique sont essentiellement de nature électrique; que les forces électrostatiques que les charges exercent l'une sur l'autre, quand elles sont dans une position telle que les valences se compensent, sont « de beaucoup les plus puissantes parmi les forces qui s'exercent entre les atomes »*; et *que les forces chimiques particulières des atomes chargés*, considérées par Helmholtz dans *Faraday Lectures » ne peuvent qu'être infiniment petites vis-à-vis des forces électriques.* Ces conclusions me paraissent de la plus haute importance pour la théorie générale des forces chimiques. »

J. B.

Sur quelques phénomènes d'électrolyse et de polarisation, par Tito Martini (1)

Les expériences de MM. Bouty, Kohlrausch, Vincentini, etc., sur la conductibilité des liquides, conduisirent l'auteur à rechercher si une lame liquide, tendue sur un anneau, peut être électrolysée au moyen de faibles forces électromotrices.

L'appareil employé dans ce but se composait de deux fils de platine placés parallèlement dans un manche d'ébonite. La partie inférieure de l'un formait une circonférence de 22 mm. de diamètre dont le plan était perpendiculaire à l'axe du manche. L'autre fil se terminait un peu au-dessous du centre de cette circonférence. Les deux fils, isolés par l'ébonite, pouvaient être reliés soit à une pile, soit à un galvanomètre, ou à la pile et au galvanomètre en même temps. Le manche était fixé à un support mobile permettant de plonger l'anneau dans une dissolution acide ou saline. En soulevant l'anneau on obtenait une pellicule liquide qui se maintenait pendant quelques minutes.

Les expériences effectuées avec cet appareil ont fourni les résultats suivants :

1° L'électrolyse se produit à travers les pellicules liquides, et, par suite, on doit exclnre toute idée d'analogie entre leur conductibilité et celle des métaux.

2° Les signes de l'électrolyse sont surtout manifestes quand on opère, soit avec une dissolution de sulfate de cuivre, soit avec une dissolution d'iodure de potassium additionnée d'une petite quantité d'empois d'amidon, car, dans le premier cas, on peut constater un dépôt de cuivre sur la cathode, dans le second une coloration bleue intense avec une force électromotrice de 10 à 12 centièmes de volt.

3° Si la pellicule est formée d'eau acidulée sulfurique, les électrodes restent fortement polarisées après le passage du courant d'un seul élément Daniell, et cette polarisation se maintient pendant quelque temps, comme le montre le galvanomètre, même si on forme sur l'anneau de nouvelles pellicules non soumises à l'action du courant.

(1) *Atti del R. Istituto Veneto*, t. V, série VII, p. 1101, 17 juin 1894.

Digitized by Google

4° Pour accroître les effets de la polarisation on prenait pour cathode un petit morceau d'éponge de platine lié par un fil de platine au fil central de l'appareil décrit ci-dessus. Dans ces conditions le courant de polarisation devait vaincre une force électromotrice qui se produit dans le couple platine-éponge de platine dès qu'on plonge ce couple dans l'eau acidulée. Dans ce phénomène, que l'auteur n'a pas encore vu signalé, l'éponge fonctionne comme pôle positif et la force électromotrice est certainement due à la chaleur qui se développe pendant l'imbibition de l'éponge. Malgré l'effet de cette force électromotrice le courant de polarisation à travers une pellicule d'eau acidulée était capable de dévier l'aiguille du galvanomètre de 90°.

Pour obtenir de faibles forces électromotrices, l'auteur se servait d'un petit voltamètre formé de lames de plomb pur plongées dans de l'eau acidulée et qu'il polarisait avec un élément Daniell ou avec un élément Bunsen monté à l'acide nitrique étendu. Dans ces conditions la force électromotrice de charge était de beaucoup inférieure à celle qu'aurait le voltamètre, considéré comme un accumulateur du type Planté, dans son état de formation complète. Les variations singulières de la force électromotrice d'un tel voltamètre, tout à fait différentes de celles d'un voltamètre à lames de platine où l'oxygène est simplement adhérent à l'anode, attirèrent l'attention de M. Martini et l'engagèrent à en faire une étude complète dont il ne publie qu'une partie.

Il reconnut que si la durée de la charge n'est pas inférieure à 25 ou 30 minutes, la force électromotrice du courant de polarisation, d'abord très petite, va en croissant pendant quelques minutes, puis reste constante pendant quelque temps et enfin descend rapidement vers zéro. A titre d'exemple l'auteur cite l'observation suivante :

Force électromotrice de charge, 1v53; durée de la charge, 60 minutes. Force électromotrice du courant de polarisation, à l'instant de la rupture du courant de charge, 6,8 centièmes de volt;

après 1 minute,	10,0	centièmes	de volt,
— 5 —	13,1	—	—
— 10 —	13,9	—	—

On peut expliquer ce fait en remarquant que, le courant polarisant ayant une faible force électromotrice, il ne peut se produire sur l'anode qu'une oxydation superficielle, incomplète et facilement destructible. Il devra donc y avoir au sein du liquide des groupes dissociés d'hydrogène et d'oxygène qui, en se recombinant, produiront des forces électromotrices dirigées en sens inverse de celle qui est due à la désoxydation de l'anode. Les premières s'affaibliront pendant un temps plus ou moins long dépendant de la durée de la charge; la seconde devra donc peu à peu prévaloir. Si par des renversements opportuns des courants on oxyde tantôt l'une, tantôt l'autre lame de plomb, l'action réductrice de l'hydrogène sur la cathode est plus efficace; la valeur maximum de la force électromotrice du courant de dépolarisation est alors atteinte en peu de secondes au lieu de quelques minutes, comme l'auteur a pu le constater par l'expérience. J. B.

Appareil simple pour la reproduction des effets Tesla, par H. M. Martin et W. H. Palmer (1).

Les auteurs indiquent une disposition simple permettant de reproduire les brillantes expériences de M. Tesla, à une échelle réduite, avec les appareils que l'on trouve communément dans tout laboratoire.

Le potentiel et la fréquence nécessaires sont obtenues au moyen d'une petite bobine de Ruhmkorff donnant des étincelles d'un quart de pouce avec trois piles Bunsen.

Deux plaques isolées de 12 cm. de large sur 12 cm. de haut sont placées à trois pouces environ l'une de l'autre et reliées aux bornes de la bobine. Des tubes à vide, des lampes à incandescence miniatures, des tubes de Geiss-

(1) *Electrical World*, t. XXIV, 198; 1er septembre 1894.

Digitized by Google

ler, placés entre ces plaques brillent fortement sans qu'ils soient en communication avec les plaques ou la bobine. Les mesures photométriques du maximum de lumière émise dans ces conditions par une lampe à incandescence montrent qu'il est plus grand que celui de la lumière obtenue en faisant passer directement le courant dans la lampe. Cette constatation indique, disent les auteurs, le peu d'économie que présente le mode ordinaire d'éclairage électrique.

Une légère modification de cette disposition rend possible l'enlèvement d'une des deux plaques.

Dans toutes les expériences la batterie de piles agit comme une sorte de réservoir ou de condensateur, et des tubes à vide placés dans le voisinage de ces piles s'illuminent fortement.

Des lampes à incandescence peuvent être illuminées au moyen d'un simple conducteur partant d'une des bornes secondaires de la bobine; cette illumination est fortement augmentée si la main ou tout autre objet ayant une certaine capacité se trouve placé près de la lampe. Les petites lampes sphériques sont particulièrement propres pour ces expériences, leur forme semblant concentrer le bombardement moléculaire sur le filament de charbon.

Si l'on ne possède pas une bonne machine pneumatique à mercure, on peut obtenir des tubes à vide en chauffant du mercure dans un tube jusqu'à l'ébullition, puis, fermant à la lampe l'extrémité du tube. Une jolie expérience peut être réalisée en tenant à la main le tube de manière que l'une de ses extrémités soit voisine d'un des pôles de la bobine et en glissant légèrement l'autre main le long du tube.

Beaucoup d'autres expériences peuvent être faites avec une petite bobine, et il en est une, d'écrite antérieurement par les auteurs, qui est remarquable.

On prend entre les doigts une lampe à incandescence miniature et on met les fils de platine, qui terminent le filament de charbon, en contact avec l'un des pôles de la bobine; on obtient la lueur phosphorescente ordinaire. En rompant peu à peu le contact et en s'éloignant, on voit la lueur s'affaiblir à mesure qu'on se rapproche des limites du champ de la bobine et se concentrer autour du filament de charbon Bientôt on arrive dans une position telle que la lueur ne s'affaiblit plus quand on s'éloigne. Si alors on interrompt le courant de la bobine, la lueur se maintient pendant quelques minutes. Les auteurs appellent ce curieux phénomène *afterglow*.

Ce phénomène ne dépend nullement de la position de la lampe par rapport à la bobine car on peut transporter la lampe en n'importe quel point de la salle sans que son éclat ou sa durée soient affectés. Si l'on cesse de tenir la lampe entre les doigts, la lueur s'affaiblit mais ne disparaît pas. Si, quand la lueur est complètement disparue, on touche avec le doigt les fils de platine de la lampe, on observe un brusque jet de lumière que l'on peut souvent obtenir plusieurs fois de suite.

D'après les auteurs, ce phénomène ne peut être dû à un emmagasinement de chaleur dans le filament de la lampe, car l'effet calorifique d'une bobine aussi petite que celle qu'ils emploient est insignifiant. Ils l'expliquent par des effets purement électrostatiques de la manière suivante :

Quand on retire la lampe du champ alternatif de la bobine le filament de charbon retient une charge différant par le signe ou par l'intensité de celle que possède le gaz raréfié du tube et de celle qui est induite sur les doigts de l'expérimentateur. Cette inégalité des charges donne lieu à un bombardement moléculaire et, à cause de la faible surface du filament, les collisions sont plus violentes dans le voisinage de ce filament; de là l'explication de la lueur observée. Quand l'équilibre électrique est établi entre le filament et les molécules gazeuses, le bombardement moléculaire cesse et, en même temps, la lueur. Mais si, en le touchant avec le doigt, on décharge le filament, on détruit l'équilibre et il se produit un brusque mouvement des molécules donnant lieu à

Digitized by Google

un jet de lumière ; de plus on peut reproduire ce dernier phénomène jusqu'à ce que la lampe soit complètement déchargée.

J. B.

Résonance et interférence électriques, par John Trowbridge (1).

L'auteur commence par faire remarquer qu'il est difficile de déterminer les coefficients des équations différentielles exprimant la distribution de l'électricité sur des conducteurs de formes variées et que même dans les cas les plus simples on est réduit à des hypothèses. Ainsi M. Poincaré (2) admet que les oscillations d'un excitateur de Hertz, sont beaucoup plus rapidement amorties que celles du résonateur, ce qui a d'ailleurs été trouvé expérimentalement par M. Bjerkness, (3) dans le cas où le résonateur n'a pas d'interrupteur à étincelles. D'un autre côté, M. Stéfan, (4) constate que l'on retrouve l'équation différentielle obtenue par lord Kelvin pour le mouvement périodique de la chaleur, lorsqu'on suppose que les oscillations électriques sont confinées dans une couche superficielle très mince, mais que la formule $t = 2\pi\sqrt{LC}$ s'applique seulement à un cas spécial.

Ces difficultés analytiques ont engagé M. Trowbridge, a continuer ses recherches expérimentales sur les décharges. Comme dans ses recherches antérieures, (5) il emploie une machine à courants alternatifs, donnant 125 volts et 15 à 25 ampères, reliée à des transformateurs capable de donner la différence de potentiel nécessaire à la production des étincelles qu'il désirait étudier. Ce dispositif, utilisé pour la première fois par Spottiswoode, est beaucoup plus puissant que l'ancien procédé consistant à décharger une batterie de condensateurs chargée par une machine électrique.

Aux bornes du transformateur T (fig. 1) sont fixées les extrémités d'un circuit primaire comprenant un condensateur E une bobine A et un interrupteur à étincelles s'. De part et d'autre de ce primaire se trouvent deux circuits secondaires comprenant les mêmes éléments. Les trois bobines A, B, C sont placées verticalement sur le même axe ; elles contiennent de 1 à 4 tours de fil bien isolé ; le rayon moyen de ces bobines est 915 cm. Généralement les condensateurs D, E, F étaient formés de feuilles de gutta durcie de 0,3 cm. d'épaisseur recouvertes sur leurs deux faces de feuilles d'étain de surfaces variables. Dans certains cas le condensateur E du primaire et le condensateur D d'un des secondaires étaient à

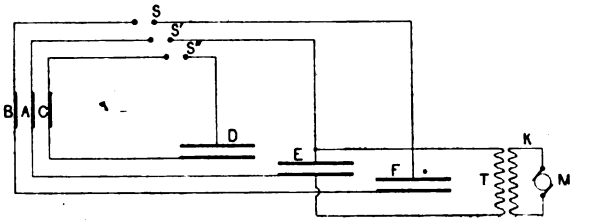


Fig. 1.

lame d'air. Le premier était formé de deux plaques d'étain de 210 cm. sur 330 cm., montées sur des cadres en fer et maintenues à 2 cm. de distance. Pour condensateur secondaire on prenait un condensateur cylindrique, formé de 19 cylindres de zinc concentriques, déjà décrit dans un Mémoire antérieur (1). Les trois interrupteurs à étincelles sont placés dans un même plan vertical devant un miroir concave qui renvoie la lumière des étincelles sur un miroir tournant ; une plaque sensible est disposée de manière à recevoir la lumière réfléchie par ce miroir et est protégée contre la lumière directe. Quand tous les appareils sont convenablement réglés, l'opérateur fait passer le courant de la machine M dans le transformateur au moyen de la clef K. On obtient ainsi

(1) *Philosophical Magazine* t. XXXVIII p. 182-188. Août 1894.

(2) *Electricité et Optique*.

(3) *Wiedemann's Annalen*, t. XLIV, 1891 ; t. XLVII, 1892.

(4) *Wiedemann's Annalen*, t. XLI, 1890.

(5) *Philosophical Magazine*, t. XXXVI, p. 343, 1893. *La Lumière Electrique*, t. L, p. 84.

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXX, p. 323, octobre 1890. *La Lum. Elect.*, t. XXXIX, p. 438.

Digitized by Google

très facilement un grand nombre de photographies des étincelles.

L'examen de ces photographies révèle les faits suivants :

Une étincelle primaire non oscillante excite toujours une décharge oscillatoire dans un circuit secondaire si la self-induction, la capacité et la résistance de ce circuit secondaire, permettent un mouvement oscillatoire. Il n'est donc pas nécessaire que l'étincelle primaire soit oscillatoire pour exciter des étincelles de ce genre dans un circuit voisin. Sous ce rapport deux circuits électriques ne sont pas tout a fait analogues à deux diapasons; il est, en effet, difficile d'exciter, par un mouvement dans un seul sens des branches d'un diapason, des vibrations dans un autre diapason qui n'est pas à l'unisson avec le premier.

Le premier effet d'une étincelle primaire non oscillante sur un circuit secondaire quelconque est le même que si ce secondaire ne contenait aucune capacité, comme le montre la comparaison des photographies obtenues avec ou sans condensateur intercalé dans ce circuit. Au bout de peu de temps l'électricité se précipite dans le condensateur et commence à osciller, la force des oscillations augmentant d'abord puis décroissant ensuite, présentant ainsi un maximum après une ou deux oscillations; la durée ce ces oscillations prend finalement une valeur constante donnée par la formule $t = 2\pi\sqrt{LC}$, mais cette formule ne s'applique pas pendant les premiers instant.

Quand les oscillations produites dans des circuits secondaires par une étincelle non oscillante ont des durées d'oscillation peu différentes, il se produit dans ces circuits des battements ou interférences électriques que montrent nettement les photographies.

Dans le cas où l'étincelle primaire est oscillante, les oscillations du circuit primaire tendent à contraindre les oscillations du circuit secondaire à les suivre; si elles ne sont pas suffisamment puissantes pour y parvenir elles interfèrent avec elles. Quand le circuit secondaire ne contient pas de condensateur, les oscillations de ce circuit sont à l'unisson des oscillations du circuit primaire.

Du travail de Stéfan, rappelé en commençant, il résulte que, dans certaines conditions, un mouvement apériodique doit se superposer au mouvement oscillatoire dans les circuits ayant une self-induction et une capacité. Les résultats des expériences de M. Trowbridge, semblent confirmer ces conclusions théoriques; toutefois l'auteur ne pense pas que la manière dont se comportent les condensateurs dans les circuits secondaires brusquement soumis à des perturbations électriques puisse être complètement expliquée par les vues théoriques de Stéfan. De plus, d'après ce dernier, deux circuits de même forme, de mêmes dimensions et de même capacité, l'un en fer, l'autre en cuivre, doivent avoir la même période d'oscillation; or, M. Trowbridge soupçonne qu'il y a un changement de la période quand on substitue, à un fil de cuivre, un fil de fer de même forme géométrique; il se propose d'ailleurs de revenir sur ce dernier point.

L'auteur rappelle que les interférences d'oscillations électriques de périodes différentes ont déjà été étudiées par Oettingen (1); mais dans les expériences de ce savant les oscillations de périodes différentes étaient produites dans le même circuit; dans celles de M. Trowbridge, elles sont produites dans des circuits séparés.

Il rappelle également que, d'après Bjerknes (2), les oscillations d'un résonateur de Hertz, ne sont pas aussi rapidement amorties que celles de l'excitateur. Les photographies montrent aussi que les oscillations dans les circuits secondaires continuent longtemps après que l'étincelle primaire non oscillante à cessé. Toufois M. Trowbridge, croit que les conclusions de Bjerknes ne sont vraies que pour des circuits ouverts ou les circuits dans lesquels il n'y pas d'étin celles.

J. B.

(1) *Wied. Ann.*, t. XXXIV, p. 570 (1888). *La Lumière Electrique*, t. XXX, p. 331.

(2) *Wied. Ann.*, t. XLIV (1891), t. XLVII (1892).

Digitized by Google

CORRESPONDANCE

Monsieur le Directeur,

En rentrant de voyage j'ai trouvé dans le numéro de *La Lumière Electrique* du 11 août dernier, la description d'un équilibreur électromagnétique des efforts parallèles à l'axe de rotation des corps tournants.

Dans cet article ce dispositif est attribué à la Société Œrlikon et en porte le nom. Il y a là une erreur d'attribution.

J'ai fait breveter cette combinaison en mon brevet de compteur du 24 décembre 1888.

Je revendique finalement dans le mémoire correspondant :

« 1° *Le mode de suspension magnétique ou de « soulèvement magnétique des arbres tel qu'il est « décrit en ce mémoire.* 2° etc... »

J'ai depuis appliqué cette disposition intéressante à diverses études pour applications mécaniques importantes.

Je vous serai donc obligé de vouloir bien insérer cette revendication supplémentaire dans le prochain numéro de votre journal, ne fût-ce que pour le seul mérite d'être Française.

Veuillez, etc.

E. Desroziers.

CHRONIQUE

D'après *The Electrical Engineer* de Londres, il ne semble pas que les projets de fusion des deux compagnies de câbles sous-marins, puissent être exécutés tels que les financiers les avaient élaborés.

Ils avaient espéré obtenir des subsides du gouvernement français; mais les actionnaires de la Compagnie Pouyer-Quertier ont énergiquement protesté. Quand la motion a été faite en Conseil, il a été décidé de réserver ces projets à un comité spécial des Télégraphes et on espère que ce comité étudiera soigneusement la question avant de donner une opinion favorable.

D'un autre côté, une Société allemande qui recevrait du gouvernement de Berlin une subvention de 1,750,000 francs par an, se propose d'établir un câble transatlantique. Cependant, comme ce projet aura comme base le droit exclusif d'atterrissement aux Açores et en d'autres points, il pourrait se faire qu'il s'élève des difficultés de la part du gouvernement des États-Unis qui pourrait poser comme condition, le nouveau câble atterrissant sur les câbles des américaines, que les industriels américains aient aussi le droit de poser des câbles aux Açores et au Portugal. Il sera intéressant de suivre comment cette difficulté sera applanie.

La concession a été obtenue par l'Eastern Telegraph Company et, comme les mêmes personnes font partie d'autres compagnies dont les intérêts sont menacés par la ligne projetée, il est à supposer que la solution sera difficile.

M. Margot vient de publier dans les Archives des sciences physiques et naturelles de Genève, un très intéressant travail sur les phénomènes d'adhérence de l'aluminium au verre. Nous en extrayons les passages suivants :

« L'aluminium possède la singulière propriété de laisser sur le verre, et, en général, sur toutes les substances à base de silice, des traces métalliques lorsqu'on se sert de ce métal en guise de crayon, traces qu'aucun frottement, aussi énergique soit-il, ni aucun lavage usuel ne font disparaître. Cette propriété se manifeste d'une façon sensible lorsque la surface frottée est humectée, ou seulement recouverte d'une légère buée de vapeur, par exemple en soufflant l'haleine sur la plaque de verre.

L'humidité n'est cependant pas indispensable pour produire l'adhérence du métal au verre, mais elle la facilite beaucoup sans qu'il soit nécessaire de recourir à une pression trop forte ou à une friction trop énergique du crayon d'aluminium. Au moyen de ce procédé on peut exécuter par décalque des dessins variés; tels que fleurs, oiseaux, inscriptions diverses, aussi bien sur le verre à vitre ordinaire que sur des verres de couleur. Par la répétition de lignes tracées au moyen d'une réglette, lignes régulièrement espacées et entrecroisées diversement, on peut de même composer une sorte de damier ou de carrelage métallique d'un aspect fort joli.

La condition indispensable à la réussite de ce genre de dessein est la propreté parfaite du verre sur lequel on expérimente : les moindres traces graisseuses empêchant l'adhérence du métal, il

Digitized by Google

est bon de faire subir au verre un nettoyage préalable et même de frotter le bout du crayon taillé en pointe sur une feuille de papier de verre à grain fin ; des essais peuvent donner un résultat négatif faute de prendre ces précautions. On reconnaît d'ailleurs vite par expérience que le dessin s'effectue dans les conditions voulues, à la résistance particulière qu'éprouve la main lorsque le crayon métallique « mord » bien.

L'humidité, indispensable pour le dessin exécuté à la main, dessin d'ailleurs un peu pâle et manquant de relief, est pourtant préjudiciable à la beauté du dépôt métallique; mais si l'on a recours à une petite meule en aluminium, fixée à une transmission flexible, et animée d'un rapide mouvement de rotation, l'interposition d'eau devient superflue et l'adhérence du métal au verre se fait dans des conditions de facilité extrêmement remarquables. Le métal s'attache au verre au fur et à mesure du passage de la meule avec une régularité parfaite, et le trait d'aluminium ainsi formé prend un éclat métallique irréprochable et une épaisseur telle qu'il est absolument opaque lorsqu'il est vu par transparence.

Ce dernier procédé donne des résultats de beaucoup supérieurs au précédent ; il se prête aisément à la reproduction des dessins les plus variés, il ne fatigue pas la main du dessinateur et n'exige de sa part qu'un peu d'adresse et d'exercice.

Le dessein exécuté de la sorte a des reflets chatoyants agréables à l'œil, d'un vif éclat, avantageux dans certains genres de travaux artistiques. On peut d'ailleurs par un polissage lui donner l'apparence d'une incrustation métallique fort belle. Ce polissage peut s'effectuer de façons diverses : le plus simple, à la portée de tout le monde, consiste à recouvrir le verre d'une légère couche d'huile et à passer obliquement dessus d'une main ferme un outil tranchant en acier, lequel enlève les rugosités, sans faire de rayures au verre, tout en laissant une épaisseur convenable de métal ; l'éclat et l'opacité du trait vu par transparence subsistent encore entièrement. Ce polissage donne une idée de la ténacité avec laquelle le métal s'est attaché au verre, puisque, mécaniquement, il est difficile de le faire disparaître sans l'user dans toute son épaisseur. Cette adhérence est comparable à une véritable soudure aussi résistance que celle qui peut être obtenue à chaud entre un métal et un autre métal par les procédés usuels de soudage au moyen de fondants divers.

En traitant des plaques décorées à l'aluminium par l'acide chlorhydrique ou la potasse caustique en solution, on pourrait s'attendre à voir disparaître toute trace de dessin. Il n'en est rien cependant ; le métal disparaît rapidement, mais non le sujet qu'il représentait, dont l'empreinte subsiste en traits déposés bien visibles comme si le verre avait été corrodé par le contact intime de l'aluminium.

Ce fait ne paraît pas résulter d'une action purement mécanique due à la rotation rapide de la meule ou à la chaleur dégagée au point de contact, car il se produit d'une façon encore plus marquée pour des dessins exécuté à la main, par simple friction, sur une plaque de verre entièrement immergée dans l'eau. La nature du verre, et aussi la manière dont la meule se comporte, influent quelque peu sur le résultat final qui peut être plus ou moins visible, mais, en règle générale, on reconnaît presque toujours une trace du dessin antérieur en plaçant la plaque de verre en bonne lumière.

Les essais faits pour constater si ce phénomène d'adhérence au verre était propre à l'aluminium ont été négatifs avec la plupart des autres métaux. L'or, l'argent, le platine, le cuivre, le fer, le nickel, etc., n'ont pas la moindre tendance à laisser sur le verre par friction des traces métalliques appréciables, soit qu'on fasse l'expérience à la main avec ou sans emploi d'eau, soit qu'on la fasse au moyen d'une meule faite d'un de ces métaux et tournant rapidement. »

Voici quelle serait d'après le rapport de M. A. Picard, la classification de l'Electricité dans l'Exposition Uuiverselle de 1900.

CINQUIÈME GROUPE

Électricité

CLASSE 23

Production et utilisation mécanique de l'électricité

Appareils générateurs de courants. Dynamos à courants continus, à courants alternatifs, à courants polyphasés.

Transmission de l'énergie à distance. Moteurs

Digitized by Google

à courants continus, à courants alternatifs, à champs tournants.

Modifications des courants. Dynamos de transformation. Transformateurs de courants alternatifs.

Application aux transports : locomotives électriques ; tramways électriques.

Applications mécaniques diverses : ascenseurs, treuils, grues, cabestans, ponts roulants, machines-outils, touage magnétique.

Canalisations spéciales.

Appareils de sûreté et de réglage.

CLASSE 24

Électrochimie

Piles.

Accumulateurs.

Matériel et procédés généraux de galvanoplastie. Dépôts métalliques.

Production et affinage des métaux ou alliages.

Applications à la chimie industrielle : blanchiment; désinfection des eaux d'égout; traitement des jus sucrés ; fabrication de la soude, du chlore, du chlorate de potasse, etc.

CLASSE 25

Éclairage électrique

Emploi des courants continus ou alternatifs.

Lampes à arc. Régulateurs. Charbons pour lumière.

Lampes à incandescence.

Installations particulières: ateliers, administrations publiques et habitations privées.

Station centrales.

Applications aux phares, à la navigation, à l'art militaire, aux travaux publics.

Appareils de sûreté et de réglage. Compteurs.

Photométrie. Appareils pour déterminer la puissance des foyers, la distribution de lumière et l'éclairement.

CLASSE 26

Télégraphie et téléphonie

Appareils télégraphiques, expéditeurs et récepteurs.

Appareils multiples.

Transmissions simultanées.

Organes divers. Relais, rappels, paratonnerres.

Transmission de la parole. Téléphones et microphones.

Bureaux centraux, appels, annonciateurs.

Télégraphie et téléphonie simultanées.

Canalisations pour télégraphes et téléphones. Fils aériens, câbles souterrains et sous-marins.

CLASSE 27

Applications diverses de l'électricité

Appareils scientifiques et instruments de mesure.

Electricité médicale.

Horlogerie électrique.

Applications aux chemins de fer, aux mines et aux travaux publics. Signaux. Exploseurs.

Indicateurs et enregistreurs à distance pour des phénomènes de toute nature.

Fours électriques.

Soudure électrique.

Appareils de chauffage par l'électricité.

Les braconniers, eux aussi, se tiennent au courant des progrès de la science. S'il faut en croire un confrère de la presse littéraire, voici qu'ils ont adjoint à l'arsenal déjà si complexe de leurs moyens de destruction, la mort par l'électricité. Ils tendent, dans les endroits favorables, des fils métalliques assez longs sur lesquels viennent se reposer de nombreux oiseaux ; au moment opportun, un courant est lancé dans les fils et les innocentes bestioles sont précipitées à terre, foudroyées. Au premier abord, on pourrait croire qu'il s'agit ici d'un de ces *canards* involontaires comme en commettent si aisément nos éminents confrères de la presse politique ou littéraire en tant que questions scientifiques ; mais en réalité, la chose est plus sérieuse et soulève même à nouveau un problème intéressant.

On rencontre fréquemment de petits oiseaux morts sous les fils télégraphiques ; le plus souvent, on s'est borné à attribuer leur mort au choc mécanique que reçoit l'oiseau venant se heurter contre les fils dans son vol ; on ne peut admettre aisément, en effet, qu'il s'agisse d'un choc électrique, étant données la capacité extrêmement faible de l'oiseau et la très faible valeur de la différence de potentiel existant entre ses pattes. Un contact simultané entre deux fils semble seul *a priori* susceptible de produire un tel effet, et encore dans certains cas tout particuliers

Cependant, l'explication du choc mécanique paraît assez peu plausible, étant donnée la fréquence des cas Il faut songer que si les fils télégraphiques nous paraissent à nous assez peu

Digitized by Google

visibles, il est bien probable que pour l'oiseau ils doivent sembler relativement monstrueux, étant donnée la petitesse de sa taille. D'ailleurs, il y a quelques années, M. R.-D. Smillie, électricien de Dumbarton a fait à ce sujet quelques observations intéressantes. Ayant à charger à distance, une batterie d'accumulateurs, il se servait à cet effet d'une ligne aérienne pouvant supporter un courant de 20 ampères. Or, à différentes reprises, il a pu observer *de visu* la mort de petits oiseaux perchés sur le fil, au moment de la fermeture du circuit. L'explication du choc mécanique est ainsi réduite à sa juste valeur.

Il serait à désirer que d'autres observations puissent être ajoutées à celles-là pour élucider définitivement une question, en somme assez mystérieuse. Que messieurs les contrebandiers nous apportent le concours de leur collaborateur !

Sur le rapport de son Comité des Sciences et Arts, le Franklin Institute, a décerné la médaille de John Scott à M. Clément Payen, l'inventeur des accumulateurs au chlorure. Les essais ont eu lieu de la façon suivante : les éléments étaient employés en service régulier de station sous le contrôle d'un des membres du comité, en comparaison avec des accumulateurs d'autres systèmes. Ils ont montré qu'ils étaient moins sujets à se désagréger, qu'ils duraient plus longtemps, qu'à poids égal, ils avaient une plus grande capacité et pouvaient, sans danger, supporter des intensités de décharge plus considérables. Ces avantages sont évidemment considérables.

D'après une intéressante statistique qui nous est communiquée, il résulte que sur 99 moteurs électriques installés en Suisse en 1893, 41 étaient à courants triphasés, 23 à courants monophasés, et 4 à courants biphasés ; 31 seulement étaient à courant continu,

Nous profiterons de cette occasion pour relever une erreur de composition qui s'est glissée dans un fait divers consacré dans le numéro du 22 septembre dernier à l'Exposition de Budapest.

Nous constations que le nombre des moteurs électriques exhibés s'élevait à 74 dont 32 à courants alternatifs et 42 à courant continu, et nous faisions remarquer que la proportion considérable des moteurs à courants alternatifs était d'autant plus remarquable que « six des moteurs à courant continu ont été fournis par la seule maison Siemens ». Cette raison a dû paraître assez peu convaincante et en effet, ce n'est pas six moteurs, mais trente-six, qu'il faut lire.

Une transmission d'énergie des plus importantes est en ce moment à l'étude en Espagne.

Le major Julio Cervera propose d'utiliser à la production et au transport de l'énergie électrique les chutes de la rivière Gabriel dans la province de Cuenca.

Une puissance supérieure à 10,000 chevaux pourra y être captée et on propose de l'employer pour l'éclairage de Madrid, de Valence et de plusieurs autres villes.

Une partie de la puissance fournie par les eaux du lac d'Amman distant de 5 kilomètres de Pordenone, en Italie, est maintenant utilisée dans cette ville, particulièrement à la mise en mouvement des machines d'une filature de coton.

L'installation a été faite par la maison Brown, Boveri et Cie.

La ville de Chicago ayant refusé l'autorisation nécessaire à l'établissement des fils aériens pour les tramways dans le centre de la cité, la Chicago City railway Company a résolu de recourir aux tramways à accumulateurs.

L'administration des Postes et Télégraphes vient de faire exécuter à Saint-Denis quelques expériences intéressantes sur l'action des courants alternatifs à haute tension employés dans les expériences de M. Maurice Leblanc, sur les transmissions télégraphiques et téléphoniques, La transmission des dépêches par les appareils Hughes et Morse n'est en nulle façon troublée ; mais la conversation téléphonique est absolument impossible. Les courants induits étaient si intenses que, dans un cas, le fil d'un parafoudre a été brûlé.

Le Gérant : L. DENNERY.

Imprimerie ALCAN-LEVY, 24, rue Chauchat, Paris

Digitized by Google

1re Année Samedi 27 Octobre 1894 No 7

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITE

3, RUE RACINE, PARIS

Directeur P. H. LEDEBOER, Docteur ès-sciences

SOMMAIRE. — Excursions en Belgique et à l'Exposition d'Anvers, E.-J. Brunswick. — Les dynamos, Gustave Richard. — La diffusion et la distribution de la lumière, par les appareils holophanes, F. Guilbert. — Inductance des lignes aériennes pour courants alternatifs, A. Blondel. — Extraits de la presse industrielle, Communications. — Moteur à gaz pauvre de 300 chevaux. — Régulation des moteurs à vapeur pour l'éclairage électrique. — Ventilateur Poeschmann pour armatures de dynamos. — Revue des sociétés savantes et des publications scientifiques. — Sur la magnétisation circulaire des fils de fer, par M. Klémencie. — Etude sur l'induction, par M. Secher. — La propagation de la lumière dans les milieux en mouvement, d'après la théorie électromagnétique de la lumière, par R. Reiff. — Sur l'influence de la température sur la conductibilité électrique des éthers composés, par A. Bartoli. — Pouvoirs thermoélectriques des alliages de bismuth et d'antimoine, par C.-C. Hutchins. — Bibliographie. — Correspondance. — Chronique.

EXCURSION EN BELGIQUE

ET A L'EXPOSITION D'ANVERS

L'exposition d'Anvers, en tant qu'ensemble d'exposition, témoigne de grands efforts de la part de ses organisateurs.

Pour tous ceux que hanteraient les souvenirs des grandes expositions passées, il faudrait, tout d'abord, procéder à une mise au point préalable, c'est-à-dire tenir compte des circonstances locales.

Il n'y a pas certainement à Anvers ni les espaces immenses de Chicago, ni les ressources artistiques dont Paris détient jusqu'à ce jour le privilège; même l'exposition actuelle, enclavant quelques ilots d'habitation, il n'était pas possible d'y développer une majestueuse ordonnance de palais.

Néanmoins l'Exposition possèdait, une façade monumentale, un dôme central, une galerie principale, des jardins et un cortège convenable d'exhibitions exotiques rappelant très heureusement, sinon d'une façon originale, l'exposition de 1889. La figure 1 donne l'ensemble de la façade principale d'après un cliché obtenu avec la photo-jumelle Carpentier.

Les constructions, sauf le musée d'Anvers,

Fig. 1. — Entrée principale de l'Exposition d'Anvers.

qui représente les Beaux-Arts, et la façade principale, sont toutes provisoires, et à proprement parler, sont de grands baraquements pour lesquels on n'a certainement pas recherché le luxe.

L'exposition était très animée; le commerce, les industries artistiques ont bien répondu à l'appel du comité anversois.

Digitized by Google

Une vaste galerie surmontée d'un étage abrite les arts mécaniques.

L'électricité n'ayant pas son domaine spécial, les applications et les expositions particulières sont réparties dans le hall des machines.

Il apparaît d'abord que le monde électricien d'Europe n'a pas cherché à Anvers une réplique à la magnifique exposition de Chicago.

Les constructeurs des régions les plus avancées en électricité sont peu ou point exposants. C'est ainsi que la Suisse, l'Autriche ne figurent pas pour notre industrie ; la France, l'Allemagne sont très sommairement représentées.

Pour donner une idée plus complète, nous ferons remarquer que les plus importantes Sociétés allemandes dont la situation et les intérêts en Belgique sont cependant très considérables, n'ont pas concouru à Anvers.

Seule la maison Schuckert offre aux visiteurs une remarquable collection de projecteurs à miroirs paraboloïdes. On sait que malgré les difficultés de réalisation des miroirs paraboloïdes, quelques constructeurs sont parvenus à établir des outillages importants en vue de profiter des avantages de ces miroirs. La maison Schuckert est précisément fournisseur de l'Etat belge pour les projecteurs destinés à l'armement des forts de la Meuse.

A Anvers, l'un des projecteurs Schuckert est muni d'un miroir de 1,5 m. de diamètre et d'une lampe automatique à charbons horizontaux devant consommer 150 ampères sous une différence de potentiel de 60 à 65 volts. Ce projecteur est installé sur la terrasse du musée d'Anvers. Quant à la portee qui nous a été annoncée, elle serait de 62 km. Nous ferons remarquer ici la modestie de ce chiffre comparativement aux 100 miles (environ 160 km.) annoncés à Chicago pour le même projecteur. Nous avons compris que, par portée, il fallait entendre la limite de visibilité du feu du projecteur, valeur relativement intéressante, car un projecteur, à ce qu'il nous semble, doit principalement servir à voir et non à être vu, à moins qu'il ne s'agisse de phares. Il y avait, quoique cela peut-être, à Anvers une excellente occasion d'expérience pour déterminer différentes valeurs relatives à l'éclairement, la portée, la puissance lumineuse, etc., obtenus avec les foyers à arc puissant.

Sociétés Belges. — Les Sociétés belges de construction électrique sont peu nombreuses, pour le gros matériel tout au moins.

La liste en sera assez complète quand nous aurons cité : la Compagnie internationale d'électricité (établissements Pieper), de Liège ; la Société d'Hydraulique et d'Electricité (établissements Dulait) de Charleroi ; les établissements Jaspar, à Liège.

Nous laissons de côté l'industrie des Télégraphes, et des Téléphones, dont tout le monde connaît le grand développement en Belgique.

Le matériel exposé par les constructeurs belges ne comporte que des machines à courant continu.

Les dispositions générales de toutes ces machines sont aujourd'hui classiques ; elles ne peuvent différer que par de légers détails de construction, d'un constructeur à l'autre et par le fini des machines.

Signalons cependant que M. Dulait abandonne la machine à anneau plat, enroulement genre Gramme, qui lui était particulière, pour revenir à un système à tambour, très similaire de la dynamo Thury.

Comme autre détail nous remarquons dans les machines bipolaires de Pieper, genre Manchester, que les culasses supérieure et inférieure sont coulées en fonte d'une pièce ; les espaces d'entres-épanouissements sont ensuite ajourés de façon à laisser subsister entre les cornes des épanouissements deux barrettes en fonte qui conservent au système sa rigidité. Les dérivations magnétiques qui résultent forcément de ce mode de construction sont largement compensées, d'après le constructeur, par la facilité de mise en œuvre et l'économie du prix de revient. Dans ces machines, les emboîtements des noyaux inducteurs ronds

Digitized by Google

sont alésés et ces derniers sont maintenus par des vis arrêtoires.

En résumé, la collection des machines présentées témoigne d'une solide construction, bien étudiée, mais, l'originalité très relative que peuvent comporter aujourd'hui les machines à courant continu.

Les constructeurs belges se sont appliqués particulièrement, d'une façcn fort heureuse, à l'étude des électromoteurs à courant continus et à leur adaptation aux engins mécaniques les plus diverse, de nombreux types de ventilateurs, de pompes, etc., avec commande électrique, sont soumis aux visiteurs.

En général, tous ces appareils sont munis d'organes accessoires spéciaux à leurs services particuliers : commutateurs, interrupteurs automatiques, etc.

C'est ainsi que les moteurs shunt sont munis de rhéostats de démarrage avec interrupteur automatique de sûreté : en cas de courant excessif dans le circuit principal, un électro-aimant déclenche l'interrupteur qui s'ouvre après avoir intercalé le rhéostat dans le circuit; l'étincelle de rupture peut être ainsi considérablement atténuée. On trouvera plus loin, à propos d'une application, la figure représentant un de ces appareils.

Pour le matériel de mines, les dynamos sont du type *cuirassé-fermée*, ou *iron-clad*, de sorte que la machine est à l'abri de l'humidité, de la poussière, tandis que la mine est à l'abri des explosions par suite d'étincelles au collecteur.

Particulièrement la Compagnie internationale d'électricité de Liège présente une pompe de mine actionnnée électriquement. Le moteur est dans les conditions ci-dessus indiquées et sur les fig. 2 et 3 qui donnent des variantes de cette pompe, on peut se rendre compte que le moteur électrique et les autres organes forment un ensemble très bien combiné pour un pareil service. Le moteur est à 4 pôles du genre Gramme.

Arrivons maintenant à l'utilisation de l'énergie électrique dans l'Exposition. Nous aurons, en cours, l'occasion d'énumérer la plus grande partie du matériel exposé.

Les exposants belges fournissent, à l'exposition, principalement l'éclairage, et accessoirement l'énergie électrique à quelques moteurs.

Les génératrices ne sont pas groupées, c'est-à-dire qu'il n'a pas été créé de station centrale.

Dans chaque exposition particulière, les dynamos fournissent l'énergie nécessaire aux divers services, et les machines sont entraînées soit par des moteurs à vapeurs spéciaux, soit par les transmissions du hall des machines.

Deux Sociétés se partagent la distribution de l'énergie : la Compagnie d'Hydraulique et d'Electricité, et la Compagnie internationale d'électricité de Liège.

La Compagnie d'Hydraulique et d'Electricité, fournit au moyen de deux groupes de deux machines actionnées par la transmission du hall un courant de 1200 ampères au maximum.

Du tableau partent seize circuits alimentant chacun dix lampes de huit à dix ampères montés en tension.

Chaque circuit est pourvu :

1° D'un interrupteur bi-polaire à haute tension muni de plombs fusibles.

2° D'un ampèremètre.

3° D'une résistance variable.

Les lampes à arc employées (fig. 4) du système Pieper sont des régulateurs différentiels à action directe, c'est-à-dire que le système de réglage agit directement sur les porte-charbons sans passer par l'intermédiaire de rouages ni de ressorts.

Les liaisons sont établies au moyen de cordelettes.

Pendant la journée, une des dynamos actionne un électromoteur de 40 chevaux sous 500 volts, qui est employé dans l'exposition de la papeterie de Naeyer.

Dans le même emplacement, la Compagnie internationale emploie :

Deux dynamos à 4 pôles, de 400 ampères, 125 volts, à 600 tours par minute, rendement industriel en pleine charge : 0,91.

Digitized by Google

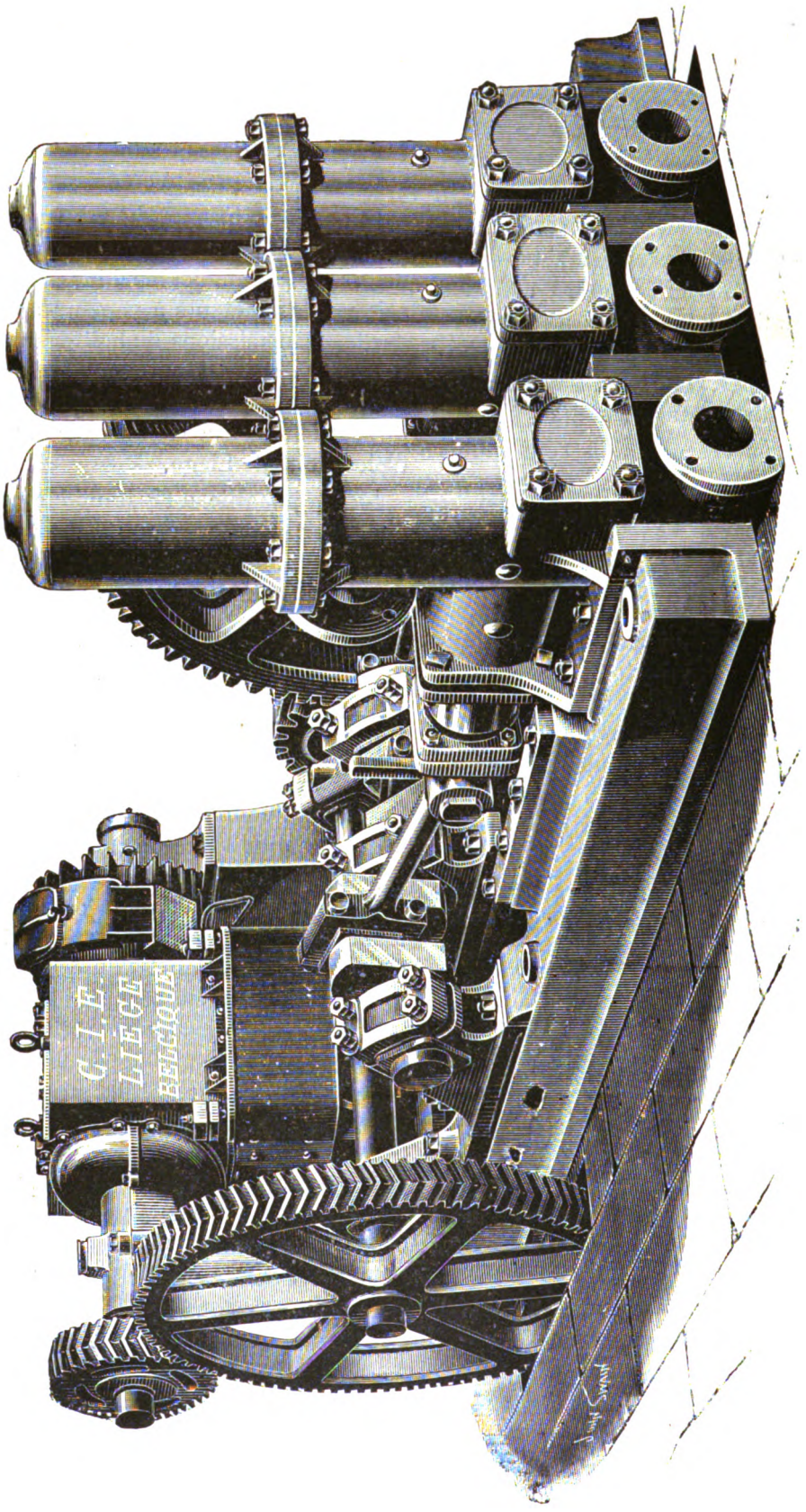


Fig. 2. — Pompe actionnée par une dynamo.

Digitized by Google

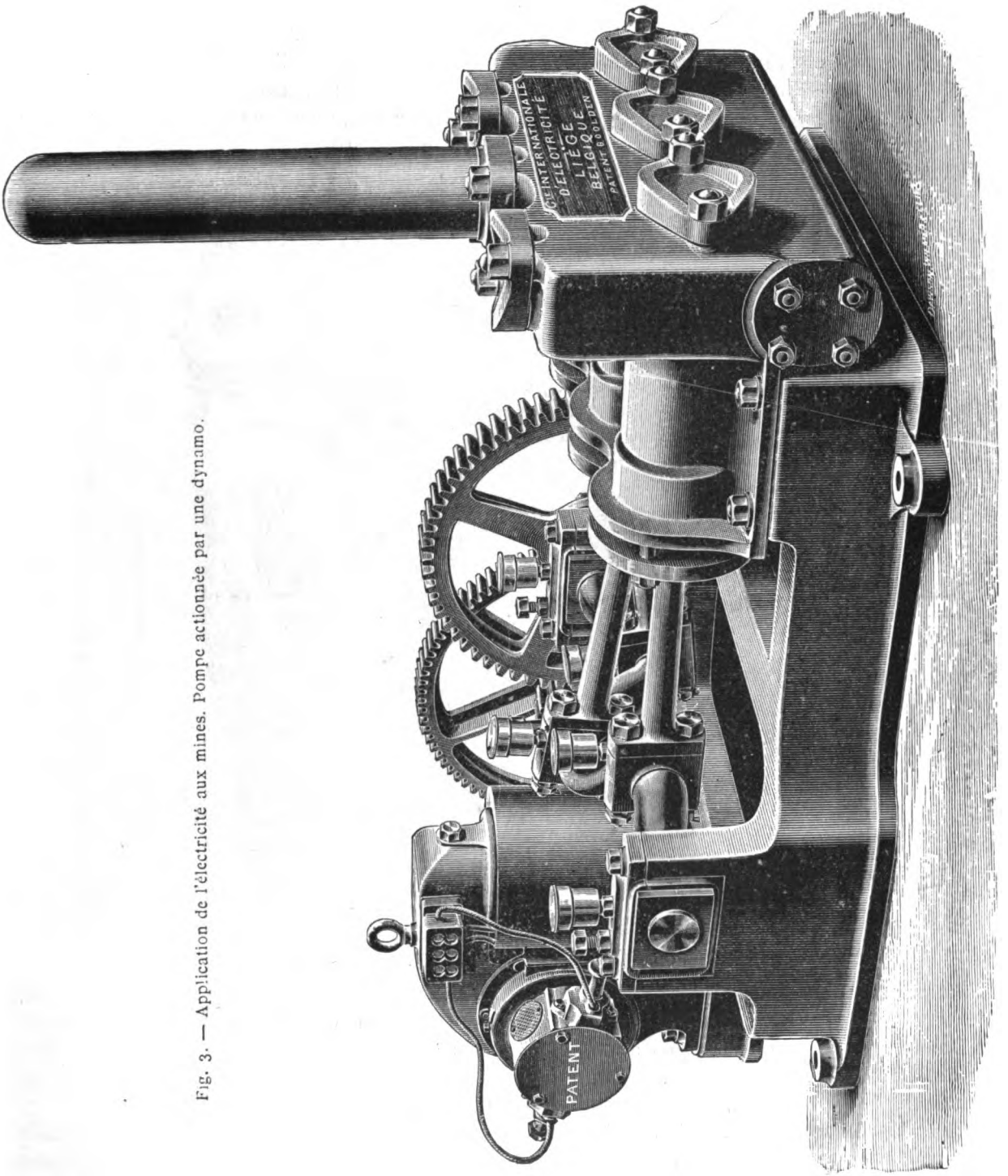


Fig. 3. — Application de l'électricité aux mines. Pompe actionnée par une dynamo.

Digitized by Google

Une dynamo bipolaire de 300 ampères et 125 volts.

Ces trois dynamos, accouplées en quantité fournissent, le soir, le courant nécessaire pour l'éclairage des installations particulières des Jardins et des exhibitions coloniales, telles que la rue du Caire, le quartier Algérien, le Wiener Prater, etc.

Cet éclairage comprend environ 60 lampes

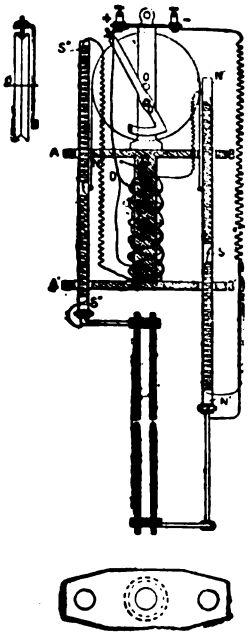


Fig. 4. — Lampe à arc Pieper.

à arc par 2 en tension et 500 lampes à incandescence.

Dans la journée ces dynamos actionnent : cinq électromoteurs de 20 chevaux et un électromoteur de 10 chevaux.

Tous ces moteurs sont bipolaires, à anneau Gramme et pourvus de balais en charbon ; ils sont excités en dérivation.

Leur rendement est d'environ 0,90.

Les moteurs sont munis de rhéostats de démarrage avec dispositif de mise hors circuit automatique lorsque le courant principal atteint une intensité dangereuse (fig. 5).

Pour compléter l'éclairage électrique, la Compagnie internationale emploie pour son service propre, un groupe électrogène Pieper Willans (fig. 6), type admis par l'État belge pour l'éclairage d'une gare.

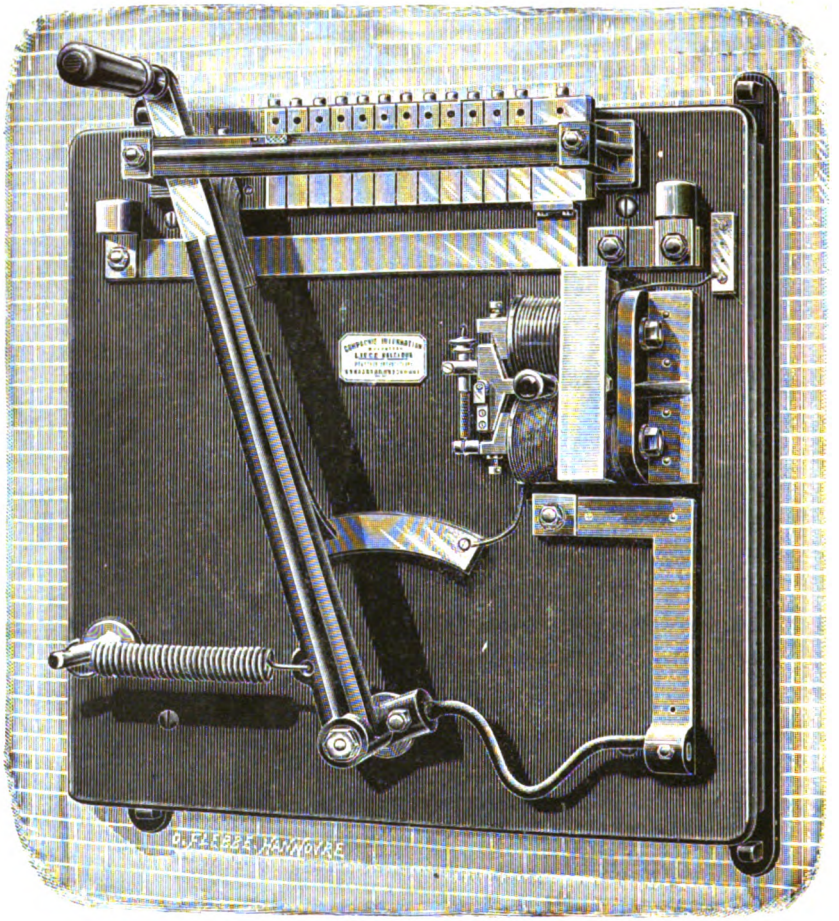


Fig. 5. — Rhéostat de sûreté.

Ce groupe comprend un moteur Willans, construit par Van den Kerchove, de Gand, de 100 chevaux, à 460 tours par minute, actionnant directement une dynamo à 4 pôles de 60 000 watts, sous 120 volts.

En résumé, l'énergie électrique consommée ou disponible à l'Exposition d'Anvers, soit pour l'éclairage, soit pour les moteurs, représente une puissance utile de 420 kilowatts environ.

Digitized by Google

C'est le chiffre d'une forte station centrale à Paris.

En considérant l'espace restreint couvert par l'Exposition, on peut conclure qu'elle est bien partagée au point de vue de l'énergie électrique comme au point de vue économique spécial.

Il ne semble pas qu'il y ait eu de programme bien défini pour la distribution de l'énergie électrique dans l'Exposition ; les constructeurs

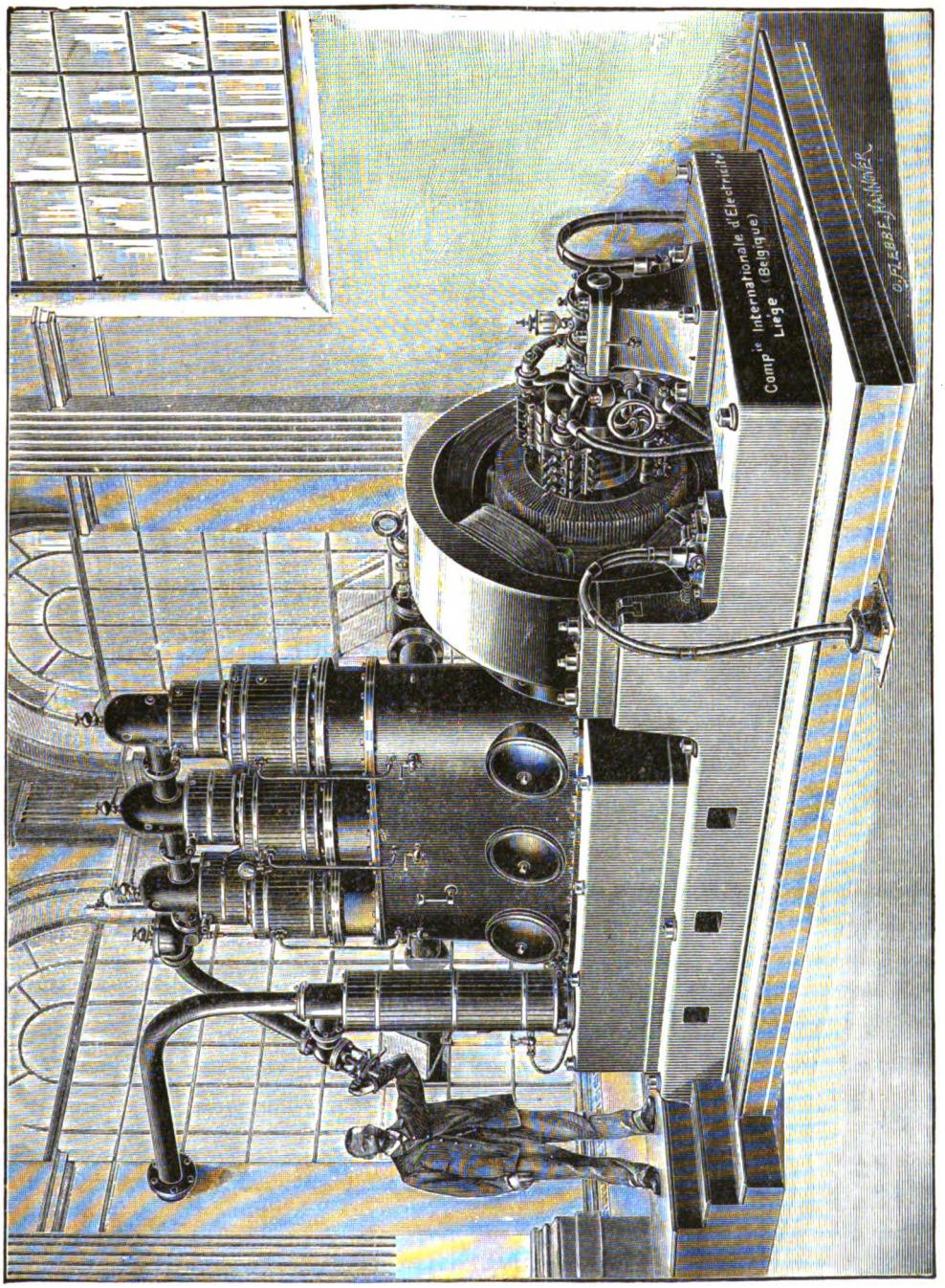


Fig. 6. — Groupe électrogène Pieper Willans.

Digitized by Google

n'ont donc pas eu à traiter la question à ce point de vue. Il n'y a donc pas lieu de discuter les chiffres cités sans risquer d'aboutir à des conclusions erronées.

Nous avons dit que les courants alternatifs n'étaient pas représentés à Anvers, ce n'est pas absolument exact.

Une des curiosités de l'Exposition devait consister en un ballon dirigeable actionné par un moteur électrique à courant triphasés et destiné à transporter les visiteurs de la place Verte à l'Exposition, soit un kilomètre environ.

Ce ballon dirigeable, mû par l'électricité, était captif également par l'électricité et la direction pouvait être attribuée aussi bien au moteur électrique qu'à l'aérostat. En effet, le courant devait être transmis au moteur par trois trolleys munis chacun de deux roulettes.

La génératrice triphase et le moteur sont du type d'Œrlikon.

La génératrice est commaedée par un moteur à gaz pauvre.

L'électromoteur doit développer 25 chevaux utiles et commander une hélice motrice placée à l'avant et des hélices de réglage placées sur les côtés de l'aérostat.

Malheureusement pour des causes non électriques, paraît-il, l'installation n'a pû encore fonctionner d'une manière satisfaisante.

Dans un domaine voisin de l'électricité et intéressant notre industrie, l'Exposition d'Anvers présente de belles machines à vapeur types Corliss et Sulzer. La Belgique est d'ailleurs réputée à bon droit comme construction de moteurs à vapeur.

Les types les plus récents de machines à vapeur sont les machines à simple effet de Willans, construites par Van den Kerchove, de Carels, de Gand (machine analogue aux Willians), et une machine toute récente, brevet Brown, présentée par les ateliers Ducommun, de Mulhouse.

Cette machine qui peut être rendue facilement compound, est une machine à simple effet dans laquelle la vapeur agit sur deux pistons qui se déplacent toujours en sens inverse l'un de l'autre, dans le même cylindre. Le mouvement des pistons est transmis à l'arbre moteur au moyen de balanciers, bielles et manivelles. Les efforts produits sur les pistons sont donc communiqués à l'arbre sous forme d'un couple et le centre de gravité de la machine ne subit aucun déplacement. La commande des organes est ainsi disposée pour obtenir un équilibre complet des masses en mouvement, condition excellente pour l'établissement des fondations.

Tout le mécanisme barbotte dans une caisse à huile; les tourillons sont absolument en dehors et indépendants du cylindre à vapeur proprement dit.

Ces machines peuvent se construire avec un ou plusieurs cylindre, avec ou sans condensation; elles peuvent s'établir couramment de 2,5 à 36 chevaux, 750 à 500 tours.

Enfin, la turbine de Laval, retrouve à Anvers le succès de curiosité et d'estime qui l'a accueillie à Chicago et à Paris.

Enfin, à côté des moteurs à gaz et à pétrole.

La plupart des moteurs exposés dans cette catégorie sont destinés à fonctionner au pétrole d'éclairage, condition très avantageuse en Belgique où le pétrole se trouve à fort bon compte.

Les consommations annoncées par tous les constructeurs sont sensiblement les mêmes.

Nous relevons parmi les moteurs à gaz ou à pétrole de Dürkopp, Hille, Grob, Molitos et Lenoir en moyenne, par cheval-heure jusque 60 chevaux.

Gaz	Benzine (poids spécifique 0,7)	Pétrole d'éclairage (poids spécifique 0,8 à 0,85
0^{mc} à 1^{mc}	0^{lit}500	0^{l}4 à 0^{l}6 — grandes puissances 0^{l}6 à 0^{l}8 — petites puissances

Pour conclure, il semble ressortir que l'Exposition d'Anvers ne présente en électricité rien de bien saillant, mais il ne faudrait pas croire que la Belgique reste en arrière dans la voie du progrès.

Les ateliers de construction sont bien ou-

Digitized by Google

tilllés et les exploitations en cours promettent beaucoup, comme nous allons essayer de le montrer d'après quelques installations que nous avons visitées au cours de notre excursion.

A Anvers même, l'installation la plus intéressante est celle du système hydro-électrique Van Rysselberghe. Cette exploitation a déjà fait le sujet de nombreux rapports. Le système est en plein fonctionnement aujourd'hui, et nous n'indiquerons que les chiffres obtenus.

On sait que dans ce système l'eau sous pression de 50 kilogrammes est employée à actionner des turbines qui commandent à leur tour des dynamos.

L'eau sous pression est également employée à Anvers pour la manœuvre des outils du port. L'entreprise annonce un rendement de 0,80 pour les turbines et un rendement combiné avec le dynamo de 0,60.

Le mètre cube d'eau sous pression revient paraît-il à 0,16 fr., y compris l'amortissement du matèriel et l'intérêt du capital engagé.

La Compagnie hydro-électrique livre le mètre cube d'eau au prix de 0,25 fr.

Si Anvers est le centre commercial de la Belgique, Liège en est le centre industriel. C'est aussi à Liège que nous trouvons deux des principaux établissements industriels électriques : Pieper et Jaspar.

Nous avons visité les établissements Pieper. Les ateliers sont bien outillés, la main-d'œuvre est peu élevée, et l'activité qui y règne témoigne de l'esprit d'entreprise des directeurs.

Il faut mentionner également le magnifique

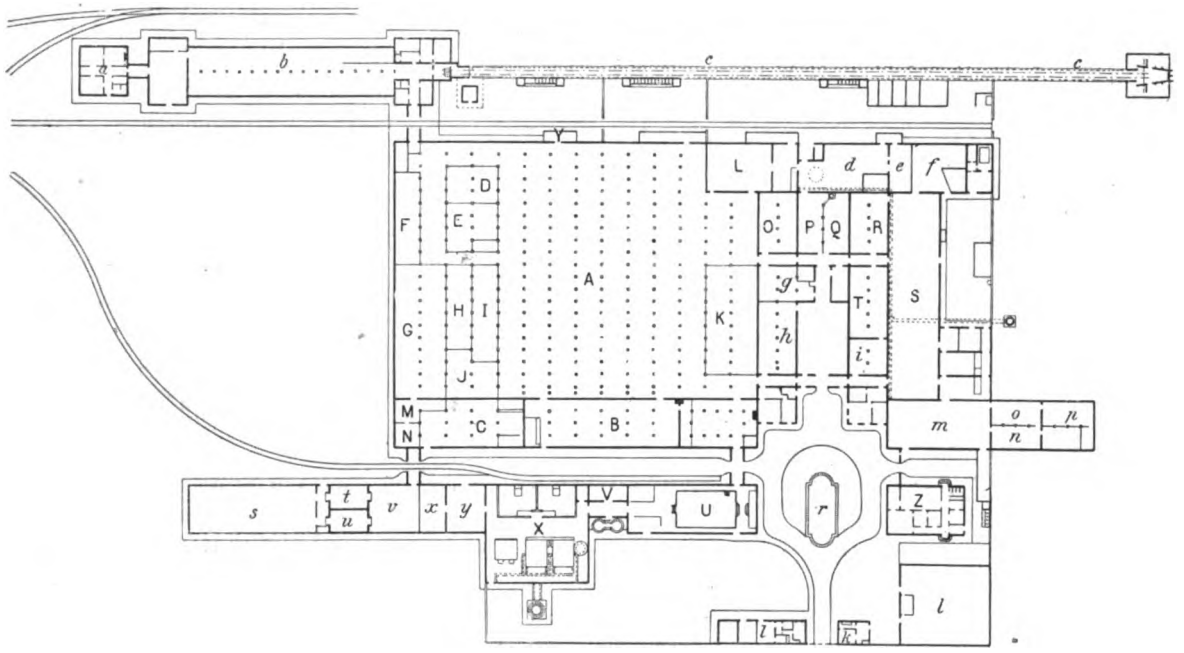


Fig. 7. — Plan de la manufacture d'armes de Herstal.

A Grand hall des machines outils spéciales, B façonnage des bois, C montage du bois, D Polissage du bois fini, E nettoyage des pièces après la trempe, F polissage après le bronzage, G montage des armes, H révision des pièces détachées, I fabrication des calibres, J magasin, K atelier de précision, L fabrication de manchons. M révision des bois, N réparations des bois, O outillage, P atelier de trempe, Q atelier des fourneaux, R magasin, S forges, T presses à froid, U machines motrices, V condenseur, X générateurs, Y salle pour 2 dynamos.

a Pavillon des officiers, *b* révision des armes, *c* tir de réglage, *d e* lémentation et trempe, *f* magasin, *g* brunissage, *h* polissage, *i* forges pour réparations, *k* concierge, *l* réfectoire, *m* cartoucherie, *n o p* petits magasins, *r* réfrigérant, *s* magasin des bois verts, *t u v x y* petits magasins.

Digitized by Google

Institut électrotechnique dont M. Eric Gérard est le très éminent directeur. Les installations de laboratoire et la méthode d'études adoptée font de cet établissement, une école d'application modèle.

Nous nous occuperons maintenant spécialement d'une installation importante, celle de la manufacture nationale d'armes de guerre de Herstal-les-Liège, faite par la Compagnie internationale d'électricité de Liège. Cette manufacture a été fondée par les fabricants d'armes liégeois réunis.

De 1886 à 1889, les ateliers étaient séparés entre les divers fabricants. En 1889, l'adoption du fusil à répétition Mauser pour l'armée belge amena la création d'ateliers et d'outillages nouveaux. Une magnifique usine couvrant 22 000 mètres carrés et occupant 1800 ouvriers, en est résultée. Les locaux, cours et dépendances sont éclairés à l'électricité. La figure 7 donne le plan des bâtiments.

Il s'agissait de pourvoir à la distribution de l'énergie dans ces vastes bâtiments.

Pour l'établissement des transmissions, une commission spéciale élabora un programme.

La puissance nécessaire à l'usine fut évaluée à 500 chevaux, et un moteur Corliss compound à détente variable par le régulateur fut commandé à Van den Kerchove, de Gand; le rendement du moteur en charge devait être de 94 o/o et sa puissance devait pouvoir être poussée à 530 chevaux sans nuire au rendement.

En outre, le moteur à vapeur devait être situé de façon à ne pas gêner le travail des fraiseuses par suite des trépidations; son emplacement fut désigné à l'une des extrémités de l'usine.

Dans ces conditions la solution mécanique devenait très aléatoire et conduisait :

1° à un poids mort très considérable d'arbres, supports, etc.;

2° à un blocage presque absolu de l'usine ou à l'emploi de débrayages nombreux et coûteux;

3° à une grande difficulté d'agrandissement ultérieur de l'usine ou à l'établissement immédiat de transmissions plus puissantes, c'est-à-dire à un poids mort supplémentaire, inutile temporairement;

4° à un entretien élevé pour les transmissions, courroies, etc.

Enfin, les contructeurs consultés ne voulaient garantir aucun rendement.

C'est alors que la commande électrique fut décidée.

La Compagnie internationale d'électricité, à Liège, fut donc chargée de résoudre le problème en tirant le meilleur parti possible de l'état des lieux, du matériel mécanique en cours d'exécution, sur les bases suivantes :

Courants continus;

Basse tension, le service étant localisé;

Génératrice accouplée directement au moteur pour éviter de grever le rendement final de celui d'une transmission supplémentaire importante;

Transmission par groupes, les machines-outils étant nombreuses et devant fonctionner simultanément.

Nous allons voir comment ce programme a été réalisé.

Les conditions du moteur conduisirent la Compagnie internationale à adopter un dynamos génératrice à enroulement Gramme de dimensions dont les principales sont résumées ci-dessous :

Diff. de pot. aux bornes 125 volts.
Débit normal 2440 ampères.
N. de tours par minute, 66.
Excitation en shunt.
Diamètre de l'induit 4^{m},800.
Largeur — 0^{m},400.
Nombre de spires sur l'induit 2400.
Poids du fil induit 600 kg.
N. de paires de balais par collecteur, 20.
Hauteur des tôles du noyau de fer, 140 mm.
Epaisseur des tôles, 0^{mm},75.
N. de rangées de tôles, 500.
Poids du noyau en fer, 6000 kg.
Jeu entre l'induit et les inducteurs, 6 mm.
N. de paires de pôles, 10.

Digitized by Google

Poids de la culasse et des électros 10000 kg.

Poids de cuivre sur les électros, 2000 kg.

Poids de la plaque de fondation, 8000 kg.

Le rendement industriel de la dynamo est de 0,90.

L'induit consiste en deux enroulements enchevêtrés aboutissant l'un à un collecteur situé à droite, l'autre à un collecteur situé à gauche de l'induit. Le diamètre des collecteurs est de 2m,500 ; ils comprennent chacun 1200 lames isolées avec du carton.

avec la moitié de la machine seulement. Cette dernière condition nous semble un peu illusoire, le fonctionnement d'une pareille usine devant certainement être *tout ou rien*.

La figure 8 donne une vue d'ensemble de la dynamo et permet de se rendre compte de ses dimensions. C'est probablement la plus grande dynamo à anneau Gramme construite jusqu'à ce jour; les difficultés rencontrées forcément pour équilibrer une telle masse et éviter des voilements excessifs rendent le mérite des constructeurs d'autant plus grand.

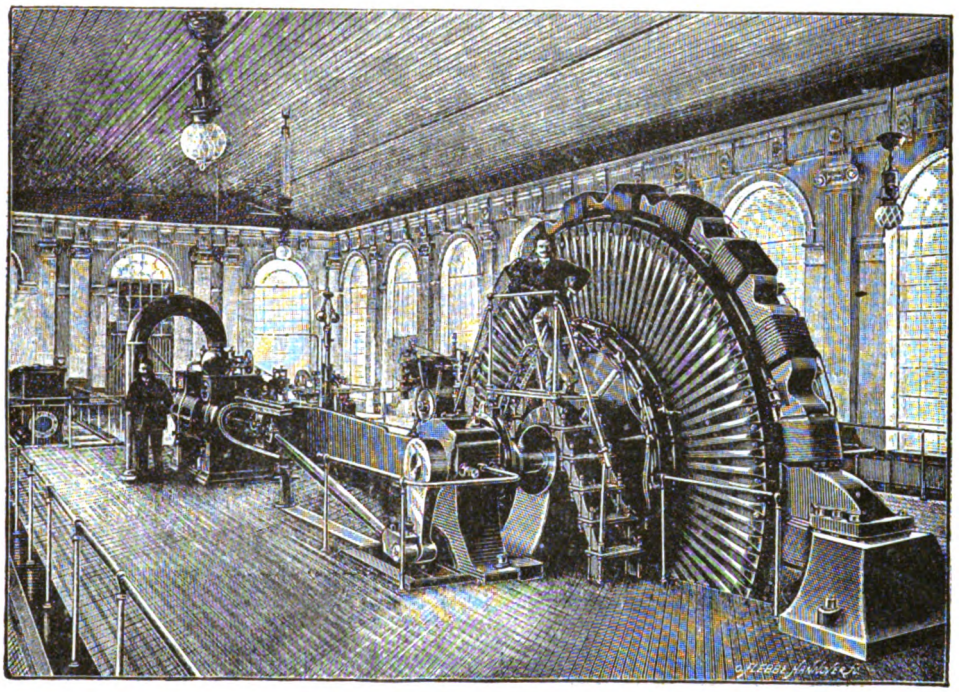


Fig. 8. — Dynamo génératrice des ateliers d'Herstal.

Le noyau de fer de l'induit est serré entre deux flasques en fonte au moyen de boulons isolés de la masse.

L'induit tout entier forme volant pour la machine à vapeur.

Le système inducteur, en acier doux, consiste en une immense couronne portant intérieurement les saillies des pôles inducteurs et reposant sur une plaque de fondation en fonte.

La division de l'enroulement de l'induit en deux circuits, facilitait la construction et devait permettre, en cas de nécessité, de fonctionner

Le fonctionnement de cette machine est irréprochable.

E.-J. BRUNSWICK.

(*A suivre.*)

LES DYNAMOS

Dans les nouvelles dynamos à haute tension de *Bradley*, l'armature est divisée en plusieurs groupes d'enroulements : deux au cas de la

Digitized by Google

figure 1, reliés à des commutateurs indépendants A et B, et l'enroulement inducteur en série est relié en C au bâtis de la dynamo, de

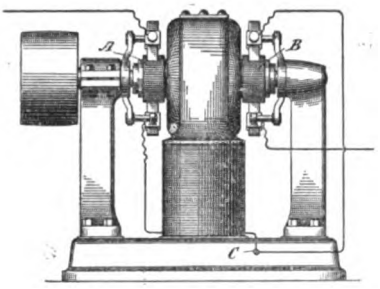
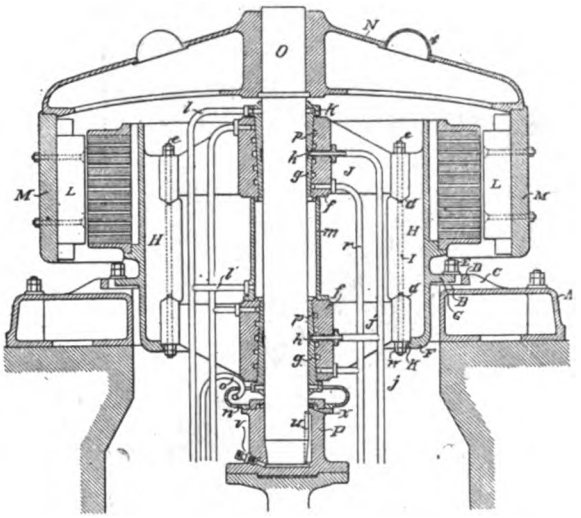


Fig. 1. — Dynamo à haute tension *Bradley* (1894)



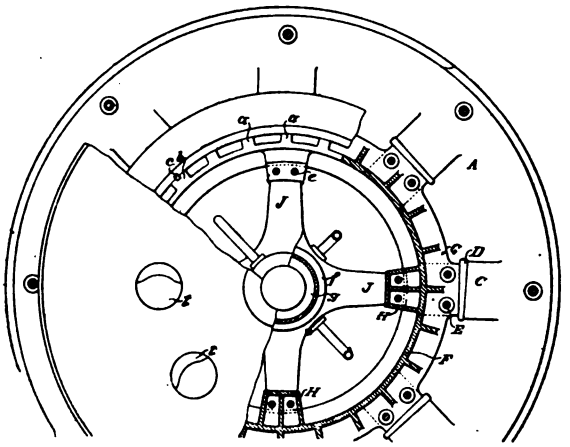


Fig. 2 et 3. — Dynamo *Sellers* (1894) coupe diamétrale, verticale et plan coupe.

sorte que ce batis est porté à la moitié du potentiel du circuit, ce qui diminue de moitié la tension des isolants de l'armature.

Les figures 2 à 4 représentent en détail les principales dispositions imaginées par M. *Coleman Sellers* pour le montage des dynamos à axe vertical commandées directement par des turbines, comme celles du Niagara par exemple.

Le tambour F des inducteurs est boulonné en GE sur les patins C de l'assise A, avec cales de centrage et de fixation D, et fixé par ses nervures H, à emboîtement *d d*, et les boulons I aux étoiles J et J'. Ces étoiles sont pourvues de paliers *f*, à bagues coniques *g*, recevant l'arbre O de l'armature N M I., dont le volant est assez puissant pour assurer un bon réglage de la turbine. Le graissage de

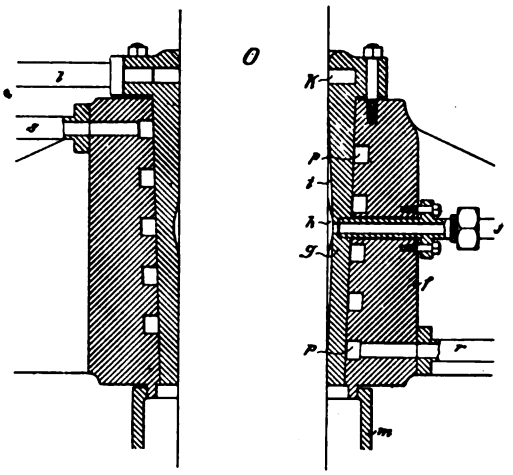


Fig. 4. — Dynamo *Sellers*, détail du palier supérieur.

ces paliers est constitué par une circulation continue d'huile amenée par J J' à la gorge centrale *h* des coussinets. L'huile amenée par J au palier inférieur s'évacue au tuyau de retour *l*, partie par K, partie par le manchon *m* et *l'*, tandis que l'huile amenée par J' au palier inférieur s'évacue partie par *m l'* et partie dans la coupelle*n*, dont la force centrifuge la refoule dans le deuxième tube de retour *o*. Enfin, pour éviter tout échauffement de ces paliers on les a pourvu d'une circulation d'eau passant de *r* à *s* (fig. 4) par les gorges héliçoïdales *p p*.

L'armature même est refroidie par une circulation d'air déterminée par les manches à vent *t* du chapeau N.

Digitized by Google

L'arbre O est fixé à l'axe de la turbine par un manchon P, dans lequel il est calé en *n* : ce manchon, rempli d'huile, est fermé par un cuir embouti *x*, de sorte que le décalage de l'arbre O s'effectue facilement en enfonçant la vis V dans P, On peut ainsi enlever d'un coup l'arbre O et l'armature; puis, après avoir dévissé les écrous *e* et *w*, et détaché les tuyaux de circulation d'huile et d'eau, l'étoile J' tombe sur les patins K de H, et il suffit alors de tourner l'étoile inférieure J, de manière à la dégager de H, pour pouvoir enlever à la grue l'inducteur F. On voit que le démontage de cette

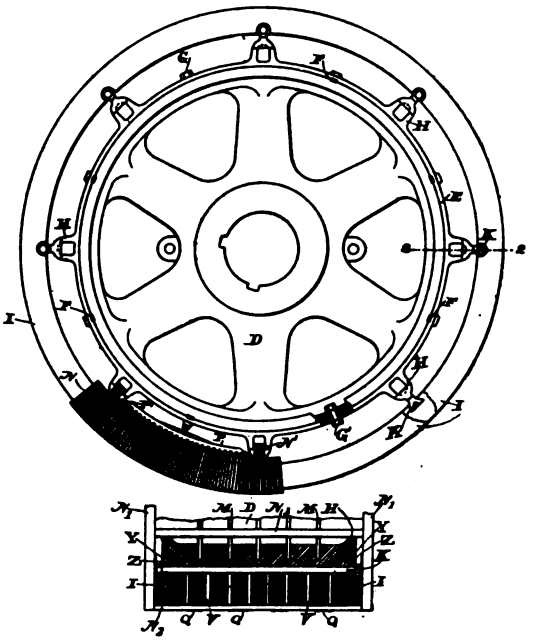


Fig. 5 et 6. — Armature multipolaire *Erben* General Electric C° (1894), ensemble et coupe 2-2.

dynamo s'opère très facilement, ainsi que son remontage à la fois rapide et précis.

L'armature pour grand dynamo multipolaire de *Erben* représentée par les figures 5 et 6 est disposée de manière à permettre l'attache du tambour E et des enroulements N à l'étoile D sans affaiblir cette étoile. Le tambour E est fixé sur la jante de l'étoile par des cales F et des boulons G'; ce tambour, lamellé en M pour en éviter l'échauffement, porte des bras H, sur lesquels se fixent par les boulons K et les encoches *y z* les anneaux I I, avec noyau laminaire ventilé en V V, autour duquel sont disposés et maintenus par le serrage des sabots PP et des fils V V les enroulements à barres N_2 N N_3, dont les faces N constituent le collecteur.

L'armature *Crompton* et *Burton* représenté par les figures 7 à 9 est du type Ferranti; les enroulements C, séparés par les isolants D, sont sémés par des vis de pression J, filetés dans les croisillons H, qui traversent les plaques F, auxquelles les noyaux A sont attachés par les boulons isolés G, puis maintenus sur le plateau E par des boulons R, passés dans les trous N. Les vis J peuvent être avantageusement remplacés par l'excentrement L des boulons H.

Dans les nouveaux alternateurs de *Kapp* les enroulements C fig. 10 (n° 1 à 10) de l'armature

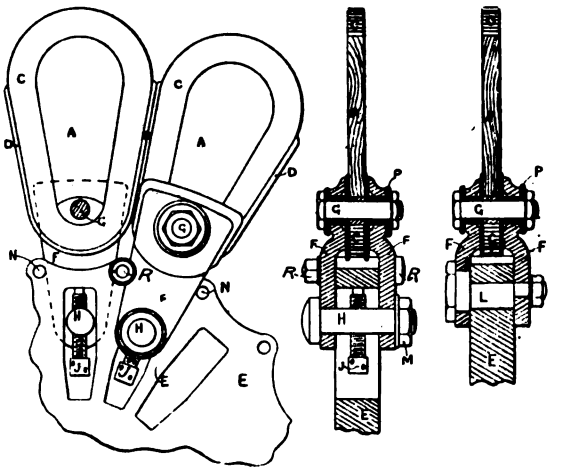


Fig. 7 à 9. — Armature *Crompton et Burton* (1893).

fixe sont encastrés avec isolants I (fig. 9) dans les rainures V de blocs tronconiques (fig. 1) à lames P, fermées, après la fixation de l'enroulement, par des plaques de bronze X, attachées en L, par les boulons N, au rebord antérieur de l'anneau S, dont l'autre rebord H reçoit deux des boulons d'assemblage des lames P. L'inducteur tournant est indiqué en M *p s*. Pour enlever un bloc V, il suffit de retirer son boulon N après avoir séparé son enroulement en *a b* (fig. 2).

La dynamo représentée par les figures 5 et 6 est construite d'après le même principe que la

Digitized by Google

précédente, mais son inducteur J est à poles p avec enroulements s, et les bords F et H sont retournés à l'intérieur de l'anneau S.

En figures 7 et 8, l'armature est à l'intérieur des inducteurs, et les plaques extrêmes X x sont boulonnés en N N sur l'étoile R par leurs oreilles T' TT', disposées de manière à permettre le retrait des blocs parallèlement à l'axe de la dynamo, après le dévissage des boulons N.

Les blocs de l'armature se touchent presque, de manière à constituer un anneau suffisamment continu pour presque annuler les variations du flux magnétique; mais on peut réduire à presque rien ces variations en terminant les poles inducteurs p (fig. 10) par un réseau de barres de cuivre d e, où il s'induit des courants qui compensent ces variations.

Le dispositif d'*Elihu Thomson* représenté par les figures 11 (n° 1 a 5) a pour objet de permettre de faire varier la périodicité des courants envoyés par un alternateur à vitesse constante; et, réciproquement. de faire varie la vitesse d'un moteur alimenté par un courant de périodicité constante.

A cet effet, dans le cas, par exemple, d'une transmission de courants triphasés au moyen d'une dynamo bipolaire, les trois balais B, écartés de 120°, sont portés (fig. 1 et 2) par des bras b b b, montés sur un manchon b' mobile autour de l'arbre de l'armature a, et qui porte les trois collecteurs b_2, reliés respectivement à chacun des balais B. Ces balais reçoivent ainsi, de la poulie b_4, un mouvement de rotation sur

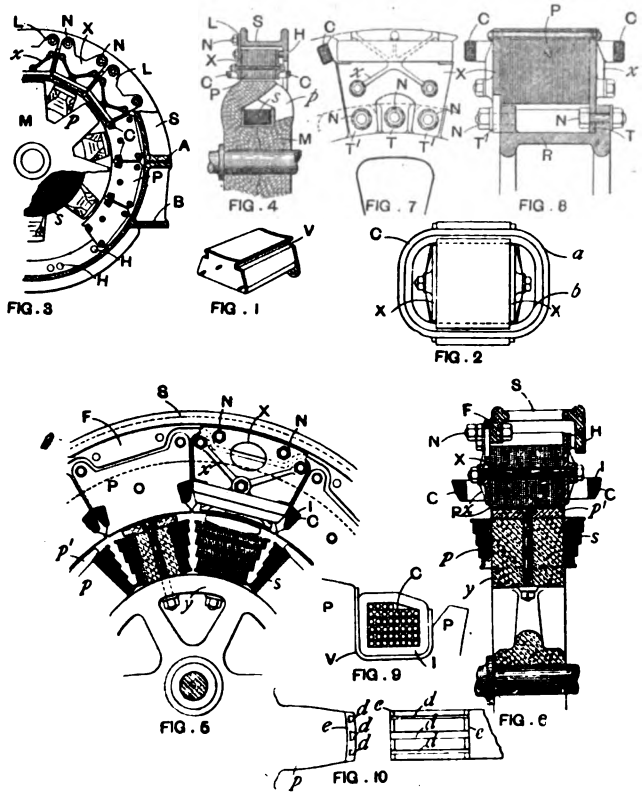


Fig. 10 (n° 1 à 10). — Alternateurs *Kapp* (1893).

a indépendant de celui de l'armature, de façon à faire varier la périodicité des courants transmis de l'armature à b_2, ou reçus de l'armature par b_3, suivant que la dynamo fonctionne en génératrice ou en réceptrice.

En figure 4, 5 et 6, l'armature est fixe dans l'inducteur N I, tournant autour de a par une poulie c, et recevant le courant par les balais B_2, tournant avec N S sur le commutateur A', soit (figure 5) par la transmission C_2 C'^b_4, à embrayage D', soit par une petite dynamo, dont

Digitized by Google

on peut faire varier la vitesse et changer la marche par un rhéostat et un commutateur.

Lorsq'on règle la vitesse d'un dynamoteur en faisant varier l'excitation de son champ magnétique, on change en même temps la position de son plan de commotion, de sorte qu'il se produit, à moins que l'on ne déplace corrélativement les balais, des étincelles au commutateur. Afin d'éviter cet inconvénient, M. Schwartzkoff fait, comme l'indique le schema figure 12, varier, simultanément, l'intensité des

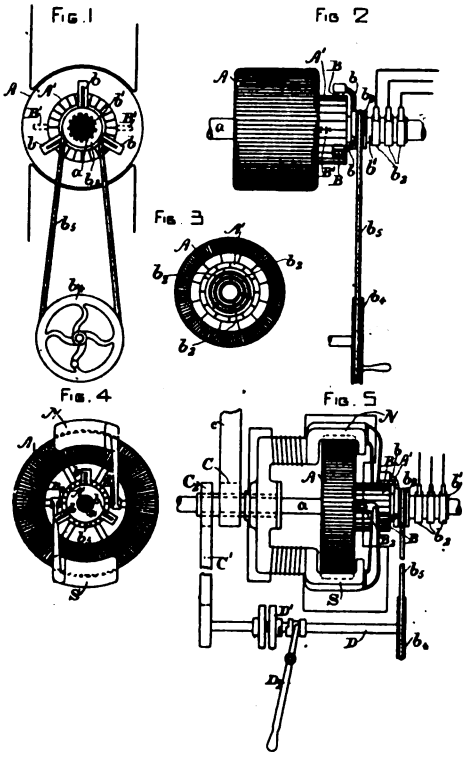


Fig. 11 (n° 1 à 5).— *Elihu Thomson* (1894) Transmission à périodes variables.

champs magnétiques et les connexions de l'armature.

Au départ, le bras H du régulateur étant sur l'isolant *i*, on l'amène successivement en K_1 K_2 et en *s*, de manière que le courant traverse d'abord l'inducteur E E' suivant w_1 w_2 c_4 *a* II 4, puis en c_4, de façon que le courant aille aux armatures A_1 A_2 par H c_4 W_1 W_2 I et le segment, I ou il se bifurque sur A_1 et A_2 reliées en quantité. suivant 2 A_1 5 et 3 A_2 6 II, en deux branches qui se réunissent en II 4. A mesure que la vitesse augmente, on supprime les résistances W_1 W_2, en amenant le bras H en c_2 puis en c_3. Le moteur marche alors à pleine vitesse : à 3200 tours par exemple.

Pour aller à 2400 tours, on tourne l'anneau S jusqu'à ce que son bras *a* arrive en c_5, ce qui retranche du circuit excitateur une partie des résistances W_1 W_2. Pour marcher à 1600 et 800 tours on ramène H sur *i*, ce qui coupe entièrement le moteur du circuit, en même temps que le bras *d*, déclanchant S en *b n'*, permet

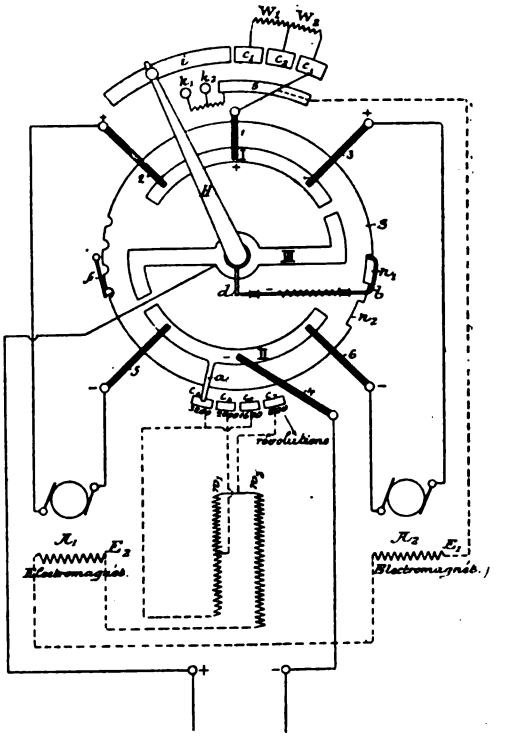


Fig. 12. — Régulateur *Schwartzkoff* (1893).

d'amener *a* sur c_6 ou c_7, les balais 3 et 5 sur le segment III, 1 et 2 sur I et 4, et 6 sur H. Il en résulte, qu'en ramenant H sur e_3, le courant va par c_3 I I 2 à A, puis de A_1 a A_2 par 5 III 3, et, de là, au retour par 6 II 4 ; les deux armatures se trouvant ainsi reliées en série.

On retranche on ajoute W_1 du circuit, suivant que l'on amène *a* sur c^6 ou c^7, pour marcher à 1600 ou 800 tour ; la résistance W_2 servant aux vitesses intermédiaires.

L'emploi de deux armatures reliées alterna-

Digitized by Google

tivement en quantité puis en série permet en outre de quadrupler le nombre des variations des vitesses possibles, toutes choses égales, avec une seule armature.

M. *Bell* emploie, pour la mise en train de ses électromoteurs, le système de commutation représenté schematiquement par la figure 13.

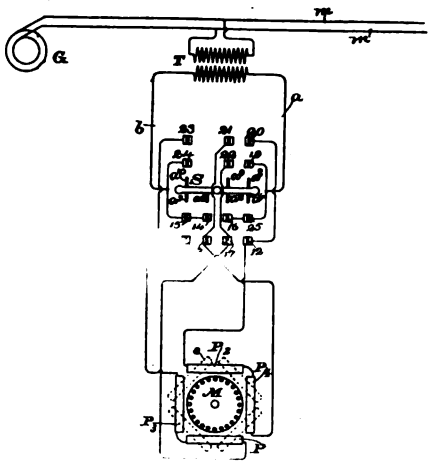


Fig. 13. — Mise en train *Bell* (General Electric C° 1894).

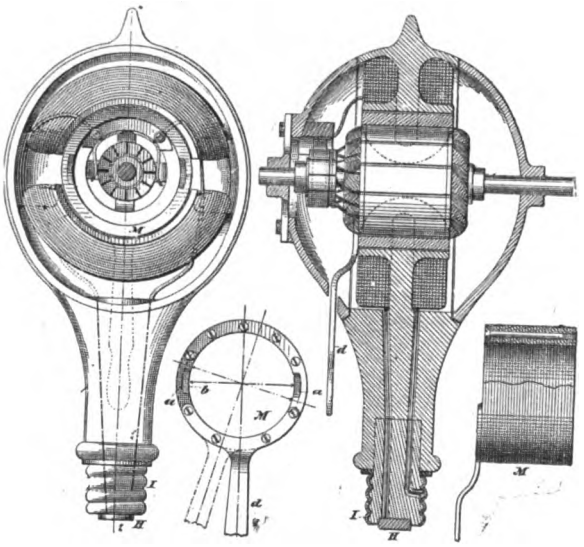


Fig. 14 à 16. — Dynamoteurs *Lee* (1894).

On amené le bras du commutateur S d'abord sur 25, de sorte que le courant arrive aux inducteurs P du moteur M suivant A 25 a_4 12 P_2 P_4 13 a^6 14, 15, *b*. Les enroulements P P_3 sont alors en quantité avec P_2 P_4 par (18 a_7 16 a_5 17 P P_3 18 a_7 15 *b*). Quand on ramène au contraire S sur 19, pour la marche normale du moteur, le courant suit le trajet (*a* 19 a^8 20 12

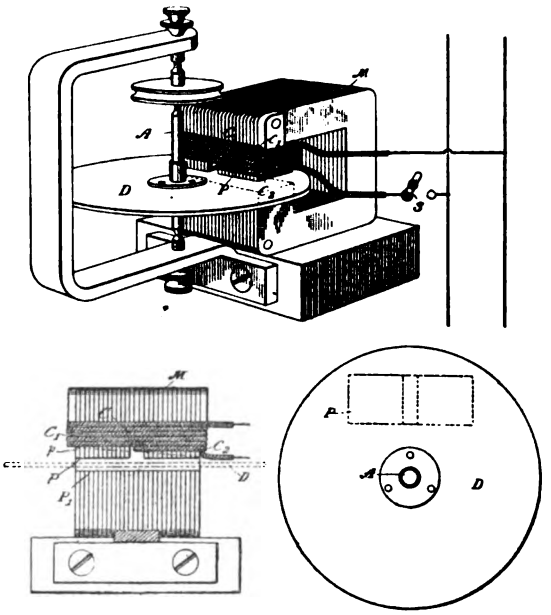


Fig. 17 à 19. — Dynamoteurs à champ dissymétrique *Stanley* (1894).

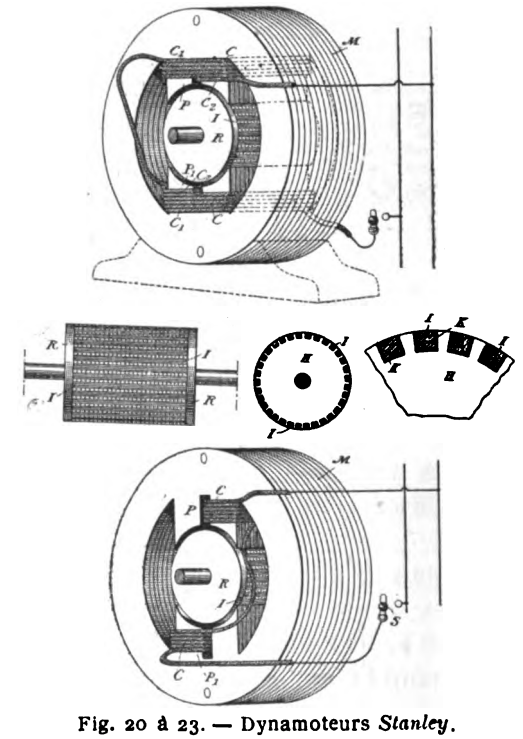


Fig. 20 à 23. — Dynamoteurs *Stanley*.

P_1 P_4 13 21 a_9 22 17 P P_3 23 a^{10} 24 *b*) avec P P_2 P_3 P_4 en série. On obtient ainsi, au démar-

Digitized by Google

rage, grâce à la faible résistance des inducteurs en parallèle, un couple moteur très puissant.

La vitesse des petits dynamoteurs de *Lee* se régularise (fig. 14) au moyen d'un anneau lamellaire M, en fer doux, avec deux plaquettes

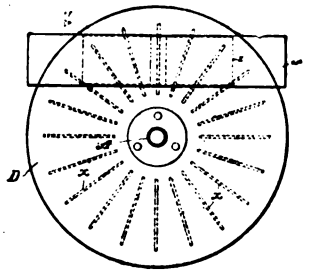


Fig 24. — Dynamoteurs *Stanley*.

de bronze *a a*, qui en déterminent le plan neutre *b*. En marche normale, ce plan coïncide avec celui de l'inducteur S S'; on augmente ou diminue la vitesse en tournant, par sa tige *d*, M à gauche ou à droite de cette position. Le plan incliné sur D comme l'indique le tracé pointillé figure 18. Quand le disque D déborde, comme en figure 19, au-delà du pôle, sa rotation

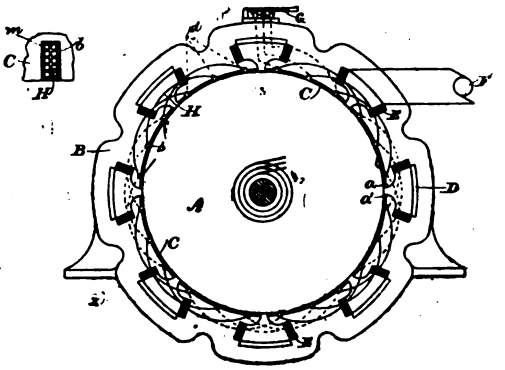


Fig. 29 et 30. — Dynamoteur triphasé *Bell* (General Electric C° 1894).

se fait de C_1 vers C_2 : elle se fait en sens contraire quand D est débordé par les pôles (fig. 24).

En figure 20, l'armature est constitué par un tambour lamellaire H, à barres de cuivre I, (fig.

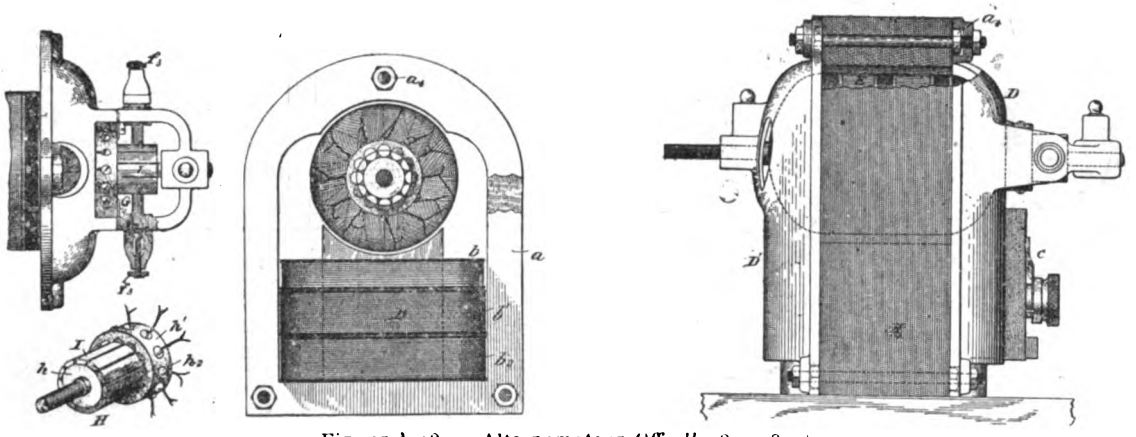


Fig. 25 à 28. — Alternomoteur *Offrell* (1892-1894).

courant se prend par les contacts H et I, disposés comme ceux d'une lampe à incandescence.

Le moteur à courants alternatifs de *Stanley* représenté par les fig. 17 et 18 consiste en un disque D, mobile entre les pôles P et P_1 d'un inducteur lamellaire M, dont l'un, P, porte un plus grand nombre d'enroulements sur sa partie C_2 que sur l'autre partie C_1, de manière à créer un champ dissymétrique. Cette dissymétrie peut être accentuée en coupant le pôle P par un

21) isolées en K et reliées par les plateaux R.R. Dans le cas de la figure 23, où les pièces polaires ne sont enroulées que d'un côté, la partie non enroulée est d'une polarité contraire et moins forte que la partie enroulée V, et l'armature tourne de cette dernière partie vers l'autre.

L'alternomoteur de *Offrell*, se distingue figure 25 par quelques détails de construction pratiques et simples. L'inducteur a son noyau lamellaire A solidement maintenu entre les fonds en bronze D D' par des boulons à gardes

Digitized by Google

a^1, et son enroulement B se compose de trois bobines b b_1 b_2, dont l'une, b, en argentan, de manière à constituer une résistance invariable, et ces enroulements peuvent être groupés en série ou en quantité par le commutateur C. Ses balais sont constitués par des tiges de charbon G, à pression réglée par des vis à ressort f_3. Le commutateur H est constitué par un cylindre d'ébonite h h', au travers de la partie h' duquel on force des tiges de cuivre I, à vis de connexion h_2, que l'on tourne ensuite de manière à donner à H le diamètre voulu.

Dans le moteur triphasé de *Bell*, représenté

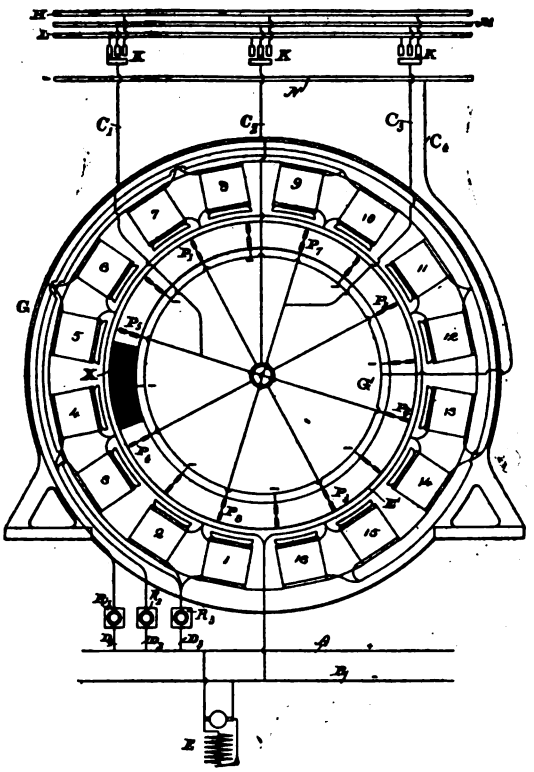


Fig. 31. — Distribution *Herrick* (General Electric C° 1894).

par la figure 29 les pôles C de l'inducteur sont épanouis de manière à presque se toucher, comme en a a'. Ils reçoivent en E les enroulements excitateurs principaux, alimentés par la dynamo F, et dans les encoches b l'enroulement triphasé, dont les trois fils se réunissent en d, et aboutissent d'autre part au commutateur G; cet enroulement permet au moteur de démarrer et de se synchroniser rapidement avec F. L'épanouissement des pôles rend l'action de l'enroulement triphasé aussi symétrique que si les bobines E étaient disposées sur un anneau.

M. Herrick a récemment proposé, pour les distributions à grande distance, le système représenté schématiquement par la figure 31. qui suppose le réseau alimenté par une dynamo a' 16 pôles G', avec excitateur E, trois barres positives HML fournissant des courant à des potentiels différents et décroissants de H à L, et une seule barre négative ou de

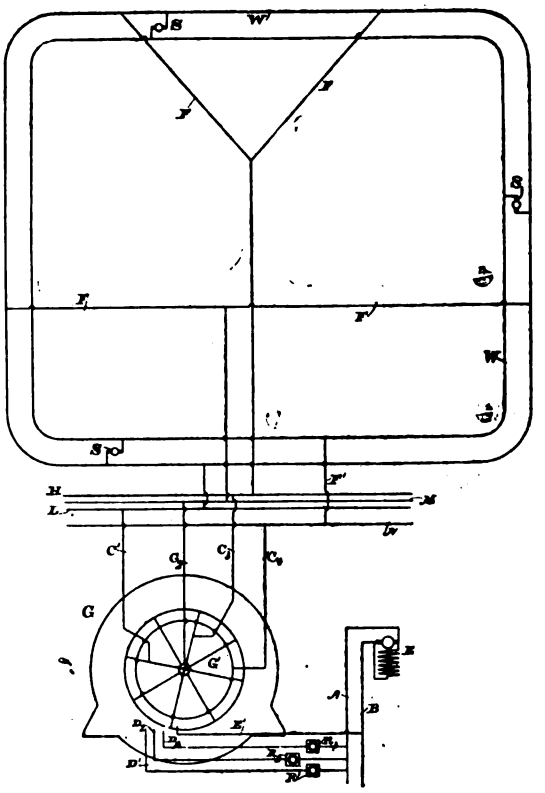


Fig. 32. — Application de la distribution *Herrick* à un réseau de tramways.

retour N. L'excitatrice est reliée à deux barreaux A et B, et le barreau positif B est relié, par trois rhéostats R_1 R_2 R_3 a trois circuits D_1 D_2 D_3 comprenant respectivement les pôles inducteurs (5 6 13 14), (3 4 7 8 11 et 12 15 16) et (1 2 9 10) de manière à constituer un champ magnétique hétérogène symétrique, c'est-à-dire, formé de trois groupes de pôles excités

Digitized by Google

séparément, mais dont les pôles diamétralement opposés ont la même intensité.

L'armature, du type multipolaire à collecteur latéral, a ses balais divisés en 3 groupes : (P_1 P_2 P_3 P_4) reliés par C_2 à M. (P_5 P_6), relié par C' à L, et (P_7 P_8) reliés par C_3 à H : tous les balais négatifs, indiqués par le signe —, sont reliés à la barre de retour N.

Enfin, des commutateurs K permettent de relier les trois barres S M H entre elles quand on veut n'envoyer au circuit qu'un seul potentiel.

Dans l'état représenté en figure 31, la barre M, de potentiel moyen, reliée à la moitié des

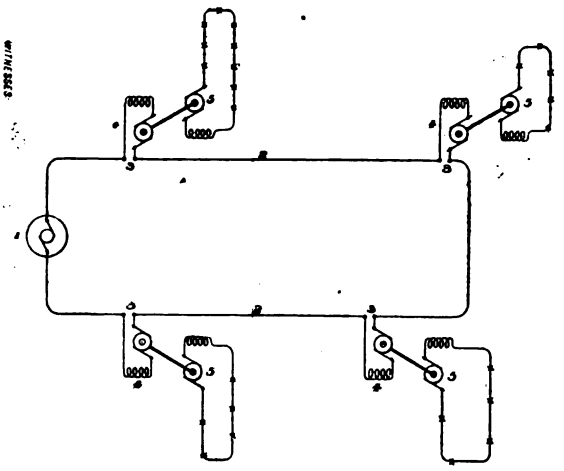


Fig. 33.— Distribution par transformateurs *Lamme* (Westinghouse Electric C° 1894).

balais positifs, reçoit la majorité du courant, les deux autres n'étant reliés chacun qu'à deux balais. Quand la charge de la partie du circuit alimentée par H augmente, on diminue la résistance D_3, de manière à augmenter l'excitation des bobines 1, 2, 9 et 10... et de même pour les autres divisions du circuit. On peut ainsi compenser les variations de résistance d'un réseau très étendu sans être obligé d'employer un grand nombre de génératrices. Ce système est, comme l'indique la figure 32, avantageusement applicable à un réseau W' W, de tramways électriques, à voitures S. S'..., alimenté par des fuders F. F. F reliant les points les plus éloignés du réseau à H, les moyennement éloignés à M, les plus proches à L, avec retour commun par F' N.

Dans la distribution par transformateurs de Lamme représentée par la figure 32, l'alternateur 1 envoie un courant constant aux alterno-moteurs 4, disposés en série, et dont, par conséquent, le couple est constant. Ces moteurs actionnent les dynamos 5, à courants continus, qui fournissent ainsi à leurs circuits des courants d'intensité constante et de potentiel variant avec leur vitesse.

M. *Fay* a proposé la disposition représentée

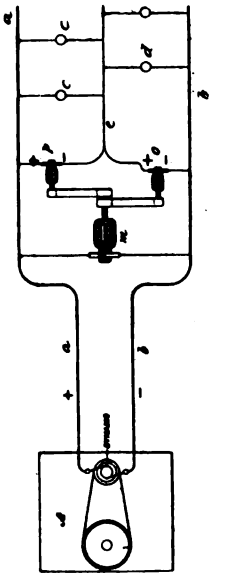


Fig. 34. — Distribution à trois fils *Fay* (1894).

en figure 33, pour éviter, dans une distribution à trois fils *a b e*, l'obligation de prolonger le fil compensateur *e* jusqu'à la génératrice A. Ce fil est, au centre de distribution, relié à *a* et *b* par deux dynamos *o* et *p*, à potentiel constant et de capacité égale à la variation maxima qui peut se produire en *c* ou en *d*; ces dynamos accouplées en série, sont actionnées par un dynamoteur *m*, dérivé sur *a b*. Si l'on ajoute des lampes par exemple en *d*, la différence du potentiel entre *a* et *e* augmente, de sorte que *o* envoie immédiatement en *e d* un courant qui compense la chute de potentiel en *e b*. Si l'on

Digitized by Google

enlève des lampes en *d*, le potentiel qui tend à s'abaisser en *c*, y est de même relevé par *p*. On peut, en outre, avec ce système, employer en A des génératrices « over compounded », sans risquer d'en renverser le courant par les variations du potentiel en *a* et en *b* qui sont évitées ici par les compensatrices *o* et *p*.

GUSTAVE RICHARD.

LA DIFFUSION ET LA DISTRIBUTION DE LA LUMIÈRE PAR LES APPAREILS HOLOPHANES

Depuis 10 ans l'industrie de l'éclairage a fait des progrès incessants qu'elle doit surtout à la rivalité du Gaz et de l'Électricité. Grâce aux procédés nouveaux créés pour faire valoir l'un et l'autre de ces deux agents, l'utilisation de l'énergie transformée en rayons lumineux s'est considérablement accrue et la quantité de lumière distribuée sur la voie publique et dans nos maisons a suivi une progresion plus rapidement croissante encore. Mais l'*effet utile* de toutes les sources de lumière connues est resté malgré tout extrêmement faible, surtout quand on le compare à celui des merveilleuses machines qu'emploie aujourd'hui l'industrie électrique et qui nous ont rendus si exigeants à ce point de vue.

Cet état de choses doit être attribué à deux causes bien distinctes :

1° *Le mauvais rendement lumineux des sources elles-mênes,* c'est-à-dire la faible proportion des rayons lumineux, comparativement aux rayons calorifiques obscurs qu'elles émettent et qui dépensent de l'énergie en pure perte.

D'après des expériences connues, le rendement photogénique ne dépasserait pas les chiffres suivants : (1)

Lampes à huile, 0,03 (Tyndall); Gaz (brûleur ordinaire), 0,04 (Tyndall); Lampes incandescente électrique, 0,03 à 0,05 (Blattner); Arc électrique, 0,10 (Tyndall) à 0,16 (Nakano).

2° *La mauvaise utilisation de la lumière produite*, par suite de l'imperfection des dispositions adoptées pour la diffuser et pour la distribuer, dispositions qui nous font perdre au minimum 50 o/o de la quantité disponible.

Il est difficile, en l'état actuel de la science, de supprimer la première cause de perte. Les séduisantes perspectives ouvertes, il y a deux ans, par les brillantes expériences de Tesla, malgré leur haut intérêt philosophique, n'ont abouti jusqu'ici à aucun résultat pratique, et la " Lumière de l'Avenir ", dont tant de savants et d'ingénieurs éminents se plaisent à nous faire espérer l'apparition prochaine, reste encore dans le domaine de l'inconnu.

En attendant qu'elle vienne apporter une solution radicale du problème de l'éclairage, ne serait-il pas bon d'aborder celui-ci par son second côté, plus modeste il est vrai, mais que l'attrait du premier a fait par trop négliger dans ces dernières années : celui de la plus parfaite *utilisation de la lumière telle qu'elle nous est fournie*? Nous sommes disposés à le croire, car il suffit d'examiner les conditions actuelles d'emploi de la meilleure source de lumière que nous possédions, l'arc électrique, pour être convaincu que celles-ci conduisent à un véritable *gaspillage de la lumière* et qu'il y a lieu de leur faire subir une transformation complète, si l'on veut engager l'industrie de l'éclairage dans une voie plus rationnelle.

Quels sont en effet les procédés actuellement employés pour la distribution de la lumière des lampes à arc?

Il n'y en a que deux : ou bien l'on place l'arc dans un *globe clair* et on le suspend à une hauteur toujours insuffisante pour le soustraire aux regards directs, ou bien on le place sous

(1) Traité de photométrie de A. Palaz, p. 237. Encore ces chiffres doivent-ils être considérés comme entachés d'exagération par suite d'erreurs d'expérience. M. Guillaume a montré récemment que, d'après les spectres de Langley, on ne devrait trouver que des chiffres bien inférieurs. (Industrie électrique, 10 septembre 1892, p. 389.)

Digitized by Google

un *globe opale*, chargé de tempérer son éclat trop vif.

Dans le premier cas, la perte par le verre est d'environ 10 o/o seulement, mais l'éclat du feu nu force la pupille à se contracter ; la quantité de lumière répandue dans l'espace est donc considérable. Mais celle qui est admise dans l'œil (la seule utile par conséquent) est réduite au plus 1/3 de ce qu'elle devrait être : c'est ce qui explique pourquoi l'on voit si mal les objets en présence des lampes a feu nu. L'effet de l'arc dans ces conditions est d'ailleurs absolument insupportable, et l'on a dû renoncer à ce système dans toutes les villes ou maisons qui respectent l'hygiène de la vue.

Dans le second cas, le verre du globe opalin ou opale absorbe une quantité de lumière énorme et répartit le reste d'une façon déplorable en envoyant une partie très importante des rayons vers le ciel. Ce fait à été mis en évidence par tous ceux qui ont étudié l'effet des globes opales ou diffusants : M. Wedding a constaté pour la perte absolue produite par les globes opales les chiffres de 40 à 53 o/o. M. Von Hefner Alteneck 30 à 60 o/o, M. Preece, a trouvé pour le verre dépoli 46 o/o. Ces chiffres doivent être encore considérés comme des minima, lorsqu'on veut ne tenir compte que l'intensité lumineuse renvoyée vers le sol, la seule réellement utilisée (intensité dite *hémisphérique*), car celle-ci subit une réduction proportionnellement plus forte encore.

Il ne semble pas d'ailleurs qu'en dehors de quelques savants ingénieurs, tels que MM. Trotter, dont on connaît les recherches dans cette direction, Weissenbruch et quelques autres, on se soit jamais occupé de chercher à *répartir convenablement* la lumière ; beaucoup d'ingénieurs se croient seulement obligés, lorsqu'il s'agit de l'éclairage public dans des espaces découverts, de placer les arcs à une grande hauteur pour tirer parti de la courbe dc répartition naturelle des rayons, sans avoir pensé sans doute qu'on pouvait, *tout en conservant les lampes à faible hauteur*, réaliser par d'autres moyens, une répartition bien plus favorable de la lumière.

Les défectuosités de l'éclairage actuel proviennent donc de l'impossibilité de diffuser la lumière sans en perdre la plus grande partie, et de la répartir ensuite suivant la loi qui serait la plus avantageuse.

C'est dans ce but de faire disparaître à la fois ces inconvénients, c'est-à-dire de *diffuser la lumière sans perte, tout en la distribuant*, qu'ont été inventés les *appareils holophanes*.

Ces appareils, dont on commence à s'occuper dans le monde des Electriciens, sont la réalisation d'une conception scientifique ingénieuse, que les constructeurs actuels, MM. Engelfred et Cie, à Paris, ont su faire passer dans le domaine de la pratique industrielle, malgré les nombreuses difficultés techniques que rencontrait une semblable fabrication.

Nous ne pouvons entrer aujourd'hui dans les détails que nécessiterait un exposé du système ; celui-ci exige en effet des développements mathématiques assez considérables auxquels nous préférons consacrer ultérieurement l'examen complet qu'ils méritent. Mais nous voulons tout au moins signaler sommairement le but et les applications des enveloppes holophanes.

Ces enveloppes de toutes formes, faciles à appliquer à tous les mêmes usages que les autres, sont formés d'une enveloppe de cristal transparent taillé intérieurement et extérieurement, suivant de petites cannelures lenticulaires, dont les profils nombreux et compliqués, ont été calculés mathématiquement de façon à produire l'effet optique voulu, la figure 1 représente, en particulier d'après une photographie, les enveloppes sphériques et montre bien le mode de construction; les moules ont été exécutés avec une précision rigoureuse, et le moulage du cristalà la presse a été effectué d'une façon remarquable, si l'on en juge par la finesse des détails et le brillant poli des surfaces. Sans vouloir entrer ici dans les détails techniques de

Digitized by Google

cette fabrication, nous nous contenterons de mentionner les *résultats pratiques* obtenus et qui sont vraiment très étonnants.

Les *globes* holophanes munis d'une lampe à arc, ne présentent pas à l'œil une croix ou une mince ligne verticale aussi éblouissante que le feu nu, comme certains globes d'invention contemporaine et qui absorbent au moins autant de lumière que les globes opalins, qui n'ont de « diffuseurs » que le nom; mais ils paraissent uniformément lumineux sur toute leur surface, comme un globe opale, d'où leur non d'*holophanes* (c'est-à-dire entièrement lumineux), et présentent à l'œil un éclat très doux et harmonieux. La petite irisation résultant de l'effet des cannelures, rend leur aspect plutôt agréable, en donnant à la lumière une chaleur de tons qu'on peut appeler un " effet de lustre " et qui fait complètement défaut aux globes laiteux. Cette parfaite diffusion est obtenue sans dépasser sensiblement la perte que donnerait un globe *en cristal clair ordinaire*; elle est donc obtenue pour ainsi dire *gratuitement*, et cela, grâce à des dispositions résultant de longues et patientes recherches des inventeurs. Ceux-ci ont découvert, en effet, des causes de pertes très importantes dans tous les systèmes de cannelures et ils ne sont arrivés à les supprimer dans les globes holophanes que par l'application de méthodes scientifiques et rationnelles dans le tracé de leurs profils.

Ce qui est plus intéressant encore c'est que, en même temps qu'elle est *diffusée*, la lumière est *répartie* par le globe holophane, c'est-à-dire qu'elle est envoyée seulement sur les espaces à éclairer *et avec une intensité convenable dans chaque direction.*

La loi de répartition la plus avantageuse pour l'éclairage n'étant pas la même dans tous les cas d'emploi, les constructeurs ont établi deux types de globes différents.

1° *Le globe simplement diffuseur*, pour les intérieurs d'appartements et de magasins, où le plafond a besoin d'être éclairé, pour donner

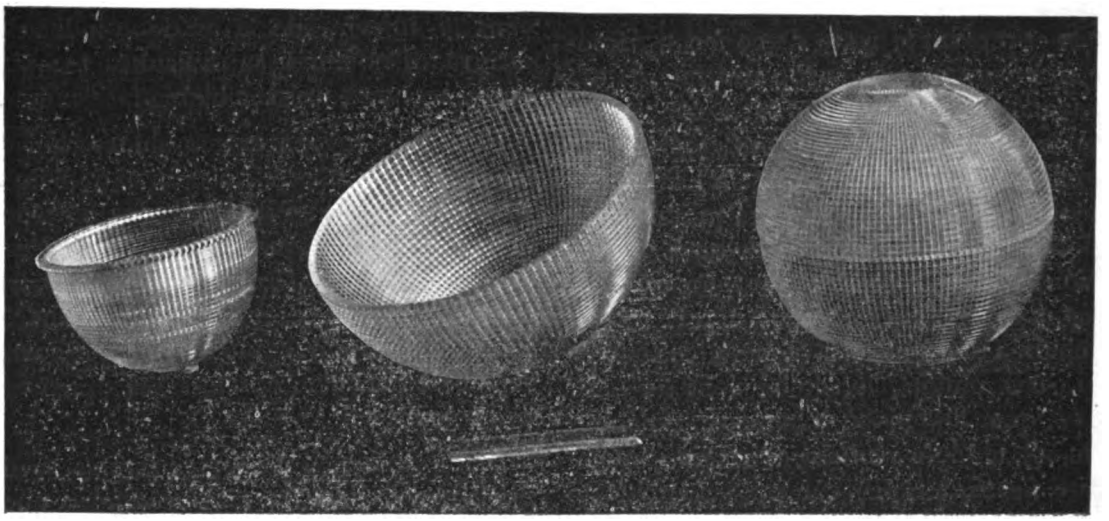


Fig. 1. — Globes holophanes.

suivant la définition de M. Wybau, un bon *effet d'illumination* générale; ce globe assure cependant la prépondérance aux rayons renvoyés directement vers le bas.

2° *Le globe diffuseur-distributeur*. — Ce globe est employé pour l'éclairage des Halls, gares, etc., et des espaces découverts, comme les rues, ou la devanture des magasins. Dans les rues, il rabat vers le sol les rayons lumineux, qui s'échapperaient en pure perte de sa partie supérieure et les fait concourir à l'éclairage de la chaussée. L'ensemble de la lumière est distribué suivant la loi qui a paru la plus

Digitized by Google

favorable pour produire un éclairement maximum, sans envoyer sensiblement de rayons vers le ciel. A l'extérieur du magasin, il rabat les rayons sur la devanture, sans cesser toutefois d'être éclairé sur toute sa phériphérie.

Ces globes peuvent s'adapter à toutes les sources de lumière; mais ils ont été établis plus spécialement en vue de l'arc électrique, pour lequel la diffusion est une nécessité de premier ordre, et dont ils sont appelés à développer singulièrement l'application. Il nous paraît en effet que l'emploi de lampes à arc de faible intensité (2 à 5 ampères), combinées avec les globes holophanes constitue actuellement la solution la plus économique pour l'éclairage, non seulement public mais privé et peut seul permettre aux électriciens de regagner le terrain que leur a fait perdre depuis deux ans le bec Auer. La lampe à incandescence électrique ne peut lutter avec celui-ci au point de vue du prix de revient, tandis qu'il est au contraire démontré par des expériences précises, en particulier celles de M. Wedding, que la lumière en arc est à la fois *plus économique et plus blanche que celle de l'incandescence par le gaz* (1).

Il y a donc pour les sociétés d'éclairage électrique (et plusieurs d'entre elles le comprennent bien aujourd'hui), un intérêt de premier ordre à développer l'emploi des petites lampes à arc pour l'éclairage privé. Or, la principale difficulté qu'elles rencontrent pour faire adopter cette solntion par les particuliers, c'est la crainte bien justifiée qu'inspire à ceux-ci l'éclat aveuglant de l'arc et qui les oblige à munir les lampes de globes opales très diffusants et par suite très absorbants, qui entraînent une perte de lumière d'*au moins* 50 o/o (2), et annulent ainsi tout le bénéfice qu'on pouvait espérer. Cette perte étant d'autant plus considérable que le globe est plus grand; quelques maisons emploient de tout petits globes, mais l'effet n'en est pas heureux et le but poursuivi, c'est-à-dire l'affaiblissement de l'éclat, n'est plus du tout atteint. Au contraire les globes holophanes n'occasionnent, *quelle que soit leur dimension*, qu'une perte de même ordre que celle du verre clair; on peut donc leur donner une surface suffisante aussi grande qu'on le désire ce qui permet l'emploi des lampes à arc dans les intérieurs, ou elles n'ont guère pénétré jusqu'ici.

Ces appareils qui sont d'origne toute récente, puisque la « Société d'Eclairage holophane » les a présentés pour la première fois à l'Exposition de cette année de la Société française de physique, se sont déjà signalés à l'attention des Ingénieurs par les applications qu'ils ont reçues et dont les principales ont été déjà l'éclairage des Boulevards de Paris et de l'exposition d'Anvers.

Douze globes de 34 cm. sont actuellement en service sur les candélabres des boulevards Bonne-Nouvelle et Saint-Denis, où l'on peut juger de l'excellent effet obtenu : la diffusion et l'holophanéité sont si parfaites qu'on aurait peine à les distinguer des globes opalins voisins, si leur influence ne se faisait sentir par une augmentation importante en même temps que par une uniformisation plus satisfaisante de l'éclairement. D'après les mesures effectuées par le Laboratoire central d'Electricité sur les globes de ce type, la quantité de lumière perdue n'est que de 10 à 15 o/o, chiffres extrêmement faibles relativement à ceux qu'on a cités plus haut, et la courbe de distribution photométrique se rapproche de la courbe idéale, qu'aucune source de lumière ne peut réaliser seule. L'introduction de ces globes sur les boulevards fait honneur à l'esprit progressiste de la Société de la Transmission de la Force et de la Société Edison.

A Anvers les lampes Pieper réparties autour du grand bassin de l'Exposition etaient munies de globes semblables; l'effet obtenu a été jugé

(1) D'après M. Wedding les petites lampes à arc dépensent 2 fois 1/2 moins de gaz transformé en électricité par un moteur à gaz et une dynamo qu'une lampe à incandescence au gaz donnant la même quantité de lumière. (*La Lumière Electrique*, 29 Juillet 1893, p. 173).

(2) (Ibid. page 175).

Digitized by Google

assez satisfaisant pour que la Société d'éclairage holophane ait remporté la médaille d'or, la plus haute récompense décernée pour cette branche de l'industrie.

Aujourd'hui la Société a étendu sa sphère d'action et elle prétend résoudre par les appareils de son système tous les problèmes d'éclairage ; elle vient de construire, en outre, des appareils pour le gaz, qui n'intéressent pas nos lecteurs, des coupoles, globes et œufs cache-ampoules pour *lampes à incandescence* qui paraissent destinées à un légitime succès. Le *cache-ampoule* que nous avons eu occasion d'examiner, produit un effet des plus heureux : au lieu d'un filament éblouissant il offre à l'œil une sorte de fruit à pointe ogival entièrement brillant dont l'effet doux et chatoyant est des plus satisfaisants ; la répartition de la lumière se fait de manière à faire prédominer les rayons vers le bas, ce qui est très avantageux pour les lustres de magasins et d'appartements.

Il nous semble que l'emploi d'appareils de ce genre pourrait rendre également des services et donner une utilisation meilleure des lampes à incandescence dans l'éclairage public ; on sait en effet que la lumière en est en général mal répartie, et que ce petit filament brillant fait un assez mauvais effet à l'œil. Une tulipe ou coupole de forme convenable, permettrait sans doute d'arriver à un résultat satisfaisant et il faut espérer que la Société fera quelque chose dans ce sens.

Les problèmes dans lesquels le système holophane peut donner une solution nouvelle et utile sont d'ailleurs nombreux et presque indéfinis. Bien souvent on cherche péniblement à réaliser une économie de quelques centièmes sur le rendement d'une usine génératrice sans s'apercevoir qu'on perd 10 ou 20 o/o de la lumière produite. L'emploi des enveloppes holophanes, s'il permet, comme on l'assure, de récupérer cette lumière serait donc appelé à jouer un rôle important dans le développement de l'éclairage, et nous sommes heureux de signaler cette voie nouvelle ouverte au progrès, en attendant que l'*Eclairage électrique* publie une étude complète et plus scientifique de cet intéressant système.

F. GUILBERT.

INDUCTANCE
DES
LIGNES AÉRIENNES
POUR
COURANTS ALTERNATIFS(1)

II. APPLICATIONS

Nous allons maintenant appliquer les formules générales aux cas les plus importants pour la pratique : ce sont ceux où deux ou trois des distances d sont égales ; c'est ce que nous appellerons le système *isocèle* et le système *équilatéral*.

1° *Système de ligne isocèle.* On a alors $M_2 = M_3$. De plus on aura toujours dans le sys-système triphasé $a_1 = a_2 = a_3$ et par suite $L_1 = L_2 = L_3 = L$.

De même dans le système diphasé $a_2 = a_3$ et par suite $L_2 = L_3$.

Les systèmes d'équations précédents se simplifient alors un peu puisqu'il n'y a plus que 2 coefficients différents dans le système triphasé

$$(L - M_1) \quad \text{et} \quad (L - M_2)$$

et 4 dans le système diphasé

$$(L_1 - M_1),\ (L_1 - M_2),\ (L_2 - M_1) \quad \text{et} \quad (L_2 - M_2)$$

On a dans l'un et l'autre cas

$$\Lambda_2 = \Lambda_3 < \Lambda_1$$

et $\varepsilon_3 = -\varepsilon_2$ $\varepsilon_1 = 0$

Les deux conducteurs a_2 et a_3 sont donc les seuls auxquels il faille supposer un décalage en même temps qu'un coefficient de self-induction.

---

(1) L'*Eclairage Electrique* du 20 octobre 1894, p. 241.

Digitized by Google

Pour simplifier l'écriture dans le système isoscèle nous remplacerons

M_2 et M_3 par M
L_2 et L_3 par L
M_1 par M'
L_1 par L'

Les équations générales se réduisent alors aux suivantes : Pour les courants triphasés :

fil central

$$A' = L - M \tag{33}$$

fils extrêmes

$$\begin{cases} A = \sqrt{(M - M')^2 + 2(M - L)(M' - L)} \\ \qquad = \sqrt{(M - L)^2 + (M' - L)(M' - M} \\ \operatorname{tg} \varepsilon_2 = \operatorname{tg}(-\varepsilon_3) = \dfrac{M - M'}{L - M' + L - M} \end{cases} \tag{34}$$

Pour les courants diphasés :

Fil de retour :

$$A' = L' - M \tag{35}$$

Fil d'aller :

$$\begin{cases} A = \sqrt{(M - L)^2 + (M - M')^2} \\ \operatorname{tg} \varepsilon_3 = \operatorname{tg}(-\varepsilon_2) = \dfrac{M' - M}{L - M} \end{cases} \tag{36}$$

Ces équations montrent, comme cela est évident, que les inductances sont toujours d'autant plus faibles que les fils sont plus gros et moins espacés.

Si l'on suppose que la base du triangle d' soit seule variable (depuis le mininum 2 $a_{2,3}$ jusqu'au maximum 2 $d_{2,3}$) on voit que la différence M' — M partira d'un maximum négatif, s'annulera pour $d_1 - d_{2,3}$, puis redeviendra maxima positivement et égale à L. 2 lorsque les 3 fils seront dans le même plan.

Les deux positions extrêmes constituent évidemment des maxima de dissymétrie pour les courants diphasés. Pour les courants triphasés il y a généralement deux maxima de $A - A'$, l'un pour $d' = 2\,d$, l'autre pour

$$M' = \frac{M + L}{2}$$

2° *Système équilatéral.* Si en particulier on fait $d_1 = d_2 = d_3$, le triangle isoscèle devient équilatéral et l'on peut alors simplifier énormément les équations sans qu'il soit nécessaire de faire aucune des hypothèses précédentes, si ce n'est $i_1 + i_2 + i_3 = 0$.

Prenons donc trois conducteurs de sections quelconques; on aura

$$\begin{cases} e_1 = -L_1 \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{di_1}{dt}\left(2\mu_0 L \dfrac{d}{a_1} + \dfrac{\mu}{2}\right) \\ e_2 = -L_2 \dfrac{di_2}{dt} = -\dfrac{di_2}{dt}\left(2\mu_0 L \dfrac{d}{a_2} + \dfrac{\mu}{2}\right) \\ e_3 = -L_3 \dfrac{di_3}{dt} = -\dfrac{di_3}{dt}\left(2\mu_0 L \dfrac{d}{a_3} + \dfrac{\mu}{2}\right) \end{cases} \tag{37}$$

Chaque conducteur a donc simplement le même coefficient de self-induction apparent, que s'il faisait partie d'une ligne monophasée. Cela s'applique aussi bien aux courants diphasés que triphasés.

On peut en conclure immédiatement qu'à section égale du conducteur l'inductance apparente est pour chacun des trois courants seulement la moitié de ce qu'elle serait pour le même courant, transporté par une ligne à double fil.

Comparaison entre les différentes dispositions de lignes triphasées

La disposition la plus avantageuse est évidemment celle qui respecte la symétrie c'est-

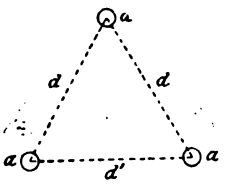


Fig. 6. — Ligne triphasée équilatérale.

à-dire qui annule tous les décalages supplémentaires ε et égalise autant que possible les inductances A. Pour cela il faut et suffit que $M_1 = M_2 = M_3$, c'est-à-dire que le système soit équilatéral (fig. 6) : telle est la meilleure solution.

Elle est facile à réaliser à l'aide d'un poteau portant une traverse comme à Lauffen-Francfort (fig. 7 C) ou même simplement d'un poteau portant 3 isolateurs à consoles (fig. 7 B). Dans certains cas, notamment à Heilbronn, on a adopté une autre disposition consistant à placer les 3 fils dans un même plan (fig. 7 A et D). On a alors $d_1 = d_2 + d_3 = 2\,d_2$. Cette

Digitized by Google

disposition dissymétrique paraît devoir introduire des inégalités de décalages et il y a lieu de se demander si elles peuvent devenir sensibles sur une longue ligne. Pour nous en rendre compte prenons un exemple en faisant (fig. 8)

$$a_1 = a_2 = a_3 = 2^{mm} \qquad d_2 = d_3 = 1^m \qquad d_1 = 2^m$$

d'où

$$M_{2,3} = -2L\,100 = -0{,}20 \qquad M_1 = -2L\,200 = -10{,}58$$
$$\text{et} \qquad L_{1,2,3} = -2L\,0{,}2 + 0{,}50 = 3{,}715.$$

D'où aussi

$$M_1 - L = -14{,}245. \qquad M_2 - L = -12{,}915.$$

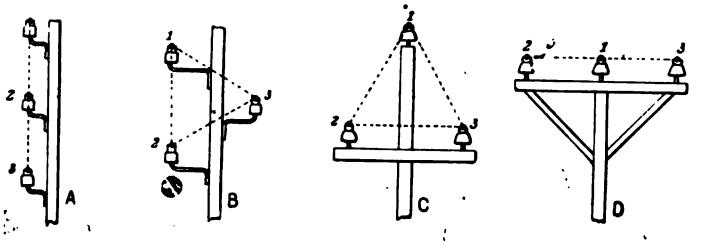


Fig. 7. — Différents modes d'équipement des lignes à 3 fils diphasées ou triphasées.

Les inductances linéaires λ_1, λ_2, λ_3 s'en déduisent immédiatement.

$$\lambda_1 = M_{2,3} - L = -12{,}915$$
$$\lambda_2 = \lambda_3 = \sqrt{(12{,}915)^2 + (14{,}245)^2 - 12{,}915 \times 14{,}295} = 13{,}67$$
$$\operatorname{tg}\varepsilon = \frac{14{,}295 - 12{,}915}{14{,}295 + 12{,}915} = \frac{1{,}38}{27{,}21} = 0{,}051$$

D'où ε = environ 3°, valeur qu'on peut considérer comme négligeable pratiquement.

Tout se passe donc simplement comme si

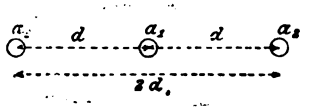


Fig. 8. — Ligne triphasée plane.

les 3 branches avaient des self-inductances inégales, tandis qu'en prenant dans les mêmes conditions la ligne équilatérale avec d_1 = 1 m. on aurait eu pour toutes les trois et sans décalage supplémentaire $\Lambda_2 = \Lambda_3 = 12{,}915$ au lieu de 13,67.

La différence est faible et n'introduira qu'une très faible inégalité de décalages. Les chutes de voltage sur les 3 fils ne différeront que de quantités insignifiantes. On voit que si la première disposition est théoriquement vicieuse, elle l'est pratiquement beaucoup moins qu'on ne pourrait le craindre.

Dans tout ce qui va suivre nous supposerons qu'on emploie les lignes triphasées en triangle équilatéral; les conclusions ainsi obtenues resteront très sensiblement applicables à tous les cas.

Comparaison entre les différents systèmes de lignes diphasées

Les lignes diphasées peuvent être construites soit à 3 fils soit à 4 fils. Occupons-nous d'abord du premier cas, et supposons que la forme soit celle d'un triangle isocèle, ce qui est le cas habituel (fig. 9).

Les formules (35) et (36) montrent que si la distance d est donnée, on rendra les inductances minima en faisant $M = M'$ c'est-à-dire en adoptant encore la forme équilatérale, ce qui élimine en même temps le décalage ε.

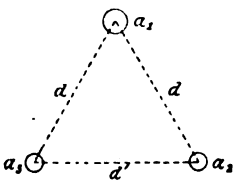


Fig. 9. — Ligne diphasée isocèle.

Mais on n'obtient pas pour autant la symétrie des 2 lignes, comme on la réaliserait pour les courants triphasés.

Supposons en effet les deux courants sinusoïdaux égaux et décalés de $\frac{\pi}{2}$ exactement, ainsi que les tensions étoilées à l'arrivée u_2 et ω_3

$$u_2 = U_2 \sin \omega t\,; \qquad i_2 = J \sin(\omega t - \varphi)$$
$$u_3 = U_3 \sin \omega t\,; \qquad i_3 = J \cos(\omega t - \varphi)$$
$$\text{d'où} \qquad i_1 = \sqrt{2}\, J \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{4} - \varphi\right)$$

Digitized by Google

qui représentent le courant de retour. Nous les représenterons par les droites $U_1 U_2$ et $I_1 I_2 I_3$ les vecteurs correspondants.

Les deux fils d'aller a_2 a_3 ayant même section, ont même résistance r et même inductance Λ. Soit r' la résistance du fil de retour et Λ' son inductance $= \frac{\Lambda_1}{\sqrt{2}}$.

On construit immédiatement (fig. 5) les 3 triangles $A_2 B_2 C_2$, $A_3 B_3 C_3$, $A_1 B_1 C_1$ comme on l'a indiqué plus haut à la page 250 et on en déduit les tensions OD_2, OD_3 et $F_2 F_3$.

Les deux premiers triangles sont bien égaux mais il faut tenir compte du conducteur de retour en ajoutant deux segments parallèles $F_2 D_2$ et $F_3 D_3$ qui modifient fatalement le décalage.

Donc jamais une ligne diphasée à 3 fils même équilatérale ne peut permettre de conserver

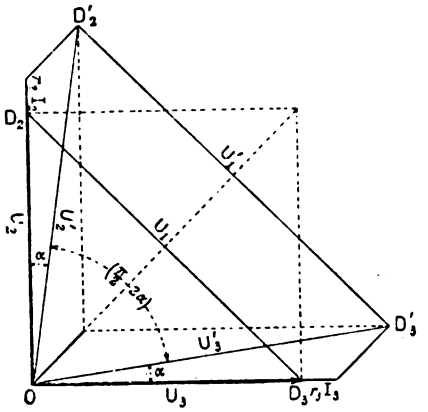


Fig. 10. — Diagramme des pertes de charge d'une ligne diphasée à 3 fils sans induction.

des courants rigoureusement diphasés à moins de modifier le décalage au départ. Cela serait vrai même s'il n'y avait ni inductances ni décalage φ car la fig. 10, relative à ce cas, montre qu'il faudrait au départ deux *f. é m.* U' égales entre elles, mais décalées de $\left(\frac{\pi}{2} - 2\alpha\right)$; U' et α étant donnés par les équations.

$$(41)\quad \begin{cases} \operatorname{tg}\alpha = \dfrac{r' I_1 \frac{\sqrt{2}}{2}}{r' I_1 \frac{\sqrt{2}}{2} + r I_3 + U_3} = \dfrac{r'}{r' + r + \frac{U}{I}} \\ U' = I \sqrt{r'^2 + \left(r' + r + \frac{U}{I}\right)^2} \end{cases}$$

Si l'on fait comme on le doit $r' = \frac{r}{\sqrt{2}}$, on a

$$(42)\qquad \operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{r\left(1 + \sqrt{2}\right) + \frac{U}{I}\sqrt{2}}$$

Il en est de même *a fortiori* si on tient compte des inductances (en supposant toujours $\varphi = 0$) on a alors 2 décalages inégaux α_2 et α_3 (fig. 5); et, chose plus grave encore, deux tensions au départ inégales U'_2 et U'_3.

$$(43)\quad \begin{cases} \operatorname{tg}\alpha_2 = \dfrac{\omega\Lambda - r' + \omega\Lambda'}{r + r' + \omega\Lambda' + \frac{U}{I}} = \dfrac{m_2}{n_2} \\ \operatorname{tg}\alpha_3 = \dfrac{\omega\Lambda + r' + \omega\Lambda'}{r + r' - \omega\Lambda' + \frac{U}{I}} = \dfrac{m_3}{n_3} \end{cases}$$

$$(44)\quad \begin{cases} U'_2 = I\sqrt{m_2^2 + n_2^2} \\ U'_3 = I\sqrt{m_3^2 + n_3^2} \end{cases}$$

Pour qu'on eût $\alpha_2 = \alpha_3$ il faudrait que

$$\frac{U}{I} + (r + r')\, 2r' + \Omega\Lambda'\,(\omega\Lambda + \omega\Lambda') = 0$$

condition qui ne pourrait jamais être remplie que pour une valeur unique de la résistance extérieure $\frac{U'}{I}$

On voit que la dissymétrie est d'autant plus petite que Λ' et r' sont eux-mêmes plus faibles : mais on ne saurait songer à annuler r' car la loi de Thomson montre qu'on doit faire $r' = \frac{r}{\sqrt{2}}$; ni L', car il faudrait faire $L' = M$, d'où

$$Ld = \frac{1}{4} + La' = L1{,}28 + La'$$

$$\text{ou } d = 1{,}28\, a'$$

valeur qu'on ne peut réaliser avec des cables séparés.

Les courants triphasés sont donc supérieurs aux courants diphasés à ce point de vue de la symétrie comme aux autres, lorsque les 3 branches sont également chargées ; car ils donnent des chutes de potentiel égales.

Cela posé comparons encore sur un exemple les deux dispositions pratiques déjà examinées pour les courants triphasés : la disposition

Digitized by Google

équilatérale et celle des 3 lignes dans un même plan. Soit a 2 mm. le rayon des deux conducteurs d'aller et $a\sqrt[4]{2} = 2^{mm}.37$, le rayon du conducteur de retour déterminé par la condition d'égale densité de courant. Soit $d = 1$ m. On aura dans le cas de la ligne équilatérale, pour les valeurs des self-inductions linéaires

$$\lambda' = -M + L' = 2\left(L\,100 - L\,0{,}237 + \frac{1}{4}\right) = 12{,}58\ c.g.s.$$

par c m.

$$\lambda = -M + L = 2\left(L\,100 - L.0{,}20 + \frac{1}{4}\right) = 12\,90\ c.g.s.$$

par c. m.

soit

$$U_2 = U_3 = 3{,}000 \text{ volfs};\quad I_2 = I_3 = 6;\quad \frac{1}{T} = 100;\quad \omega = 628$$

Supposons que la ligne ait 50 kilomètres d'où $r = 64$ et $r' = 45$ ohms.

Les inductances auront pour valeurs totales

$$\Lambda' = 62{,}90 \text{ millihenrys}$$
$$\Lambda = 64.5 \text{ millihenrys}$$

et les réactances

$$\omega \times \Lambda' = 39{,}5 \text{ ohms}$$
$$\omega \times \Lambda = 40{,}5 \text{ ohms}$$

D'où

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{40{,}5 - 45 + 39{,}5}{64 + 45 + 39{,}5 + 500} = \frac{34{,}05}{648{,}55} = 0{,}054$$

$$\operatorname{tg}\alpha_3 = \frac{40{,}5 + 45 + 39{,}5}{64 + 45 - 39{,}5 + 500} = \frac{124{,}95}{569{,}55} = 0{,}219$$

D'où

$$\alpha_2 = 3°6';\quad \alpha_3 = 12°20';\quad \alpha_2 - \alpha_3 = -9°14'$$

Puis

$$U_2' = 6\sqrt{(648{,}55)^2 + (34.95)^2} = 3891 \text{ volts.}$$
$$U_3' = 6\sqrt{(569{,}55)^2 + (124{,}95)^2} = 3495 \text{ volts.}$$

On voit donc qu'il faudra au départ deux tensions de 3492 volts et 3822 volts décalés de $\frac{\pi}{2} - 9°\,11''$.

Passons maintenant au second cas, les 3 lignes dans un plan (fig. 11). Conservons les mêmes diamètres et la même distance $d = 1$ m.00 d'où $d' = 2.00$.

$\omega\,\Lambda'$ conserve la même valeur 39.5 ohms. On a de plus

$$M - M' = 2\left(L\,200 - L\,100\right) = 2L2 = 1{,}384$$

D'où d'après les formules (35) et (36)

$$\lambda = \sqrt{(12{,}90)^2 + (1{,}384)^2} = 12{,}96 \text{ (au lieu de 12,90)}$$

et $\omega\,\Lambda = 40{,}7$ ohms (au lieu de 40,5)

$$\operatorname{tg}\varepsilon_3 = -\operatorname{tg}\varepsilon_2 = \frac{M' - M}{L - M} = \frac{1{,}384}{12{,}90} = 0{,}107 \quad \text{ou} \quad \varepsilon_3 = 6°7'.$$

La modification introduite par la forme de la ligne est donc bien plus faible encore que pour les courants triphasés.

Pour achever la comparaison, calculons $U'_2\,U'_3\,\alpha_2\,\alpha_3$ par les formules (30) et (31) en supposant le cas le plus simple celui de $\varphi = o$.

On obtient ainsi :

$$(45)\quad \begin{cases} \operatorname{tg}\alpha_2 = \dfrac{\omega\Lambda I\cos\varepsilon_2 - r' I\sqrt{2}\sin\frac{\pi}{4} + \omega\Lambda' I\sqrt{2}\cos\frac{\pi}{4}}{U + rI + \omega\Lambda I\sin\varepsilon_2 + r' I\sqrt{2}\cos\frac{\pi}{4} + \omega\Lambda' I\sqrt{2}\sin\frac{\pi}{4}} \\ \qquad = \dfrac{\omega\Lambda\cos\varepsilon_2 + \omega\Lambda' - r'}{\frac{U}{I} + \gamma + \omega\Lambda\sin\varepsilon_2 + \gamma' + \omega\Lambda'} \\ \operatorname{tg}\alpha_3 = \dfrac{\omega\Lambda I\cos\varepsilon_3 + r' I\sqrt{2}\sin\frac{\pi}{4} + \omega\Lambda' I\sqrt{2}\cos\frac{\pi}{4}}{U + rI + \omega\Lambda I\sin\varepsilon_3 + r'\sqrt{2}\cos\frac{\pi}{4} - \omega\Lambda' I\sqrt{2}\sin\frac{\pi}{4}} \\ \qquad = \dfrac{\omega\Lambda\cos\varepsilon_3 + \omega\Lambda' + r'}{\frac{U}{I} + r + \omega\Lambda\sin\varepsilon_3 + r' - \omega\Lambda'} \end{cases}$$

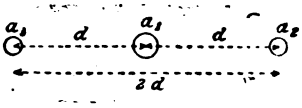


Fig. 11.

formules qui sont la simple généralisation de (43).

Ou en substituant les valeurs numériques,

$$\cos\varepsilon_2 = \cos\varepsilon_3 = 0{,}994;\quad \sin\varepsilon_3 = \sin\varepsilon_2 = 0{,}107$$

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{40{,}45 + 39{,}5 - 45}{500 + 64 + 45 - 4{,}35 + 39{,}5} = \frac{34{,}85}{644{,}15} = 0{,}0535$$

$$\operatorname{tg}\alpha_3 = \frac{40{,}45 + 39{,}5 + 45}{500 + 64 + 45 + 4{,}35 - 30{,}5} = \frac{124{,}85}{573{,}85} = 0{,}217$$

c'est-à-dire

$$\alpha_2 = 3°5';\quad \alpha_3 = 12°13';\quad \text{et}\quad \alpha_2 - \alpha_3 = -9°7'$$

Puis

$$U'_2 = 6\sqrt{(644{,}15)^2 + (34{,}65)^2} = 3{,}870 \text{ volts}$$
$$U'_3 = 6\sqrt{(573{,}85)^2 + (124{,}95)^2} = 3{,}528 \text{ volts}$$

Chiffres très peu différents des précédents. L'effet de la disposition de la ligne est donc à peu près négligeable.

(*A suivre.*)

A. BLONDEL.

Digitized by Google

EXTRAITS

DE LA PRESSE INDUSTRIELLE

COMMUNICATIONS

Moteur à gaz pauvre de 300 chevaux

S'il est un problème du plus haut intérêt en électricité, c'est bien celui de la production économique du courant lui-même. La dynamo-constituant actuellement le générateur le plus pratique en raison de son très haut rendement, la question de la force motrice à bon marché, est par conséquent, primordiale. C'est pourquoi les mécaniciens se sont efforcés de créer et de perfectionner les moteurs pour obtenir l'énergie au plus bas prix possible.

La lutte est donc ardente entre les partisans de la machine à vapeur et ceux du moteur à gaz, — dont le coefficient de rendement est, on le sait, supérieur à celui de la vapeur. Des progrès considérables ont été effectués dans les deux branches et aujourd'hui, on est arrivé à des résultats vraiment surprenants.

Ainsi, nous lisons dans un journal anglais que nous communique M. Croizier, agent français des machines à grande vitesse de Willans et Robinson, que, dans des essais de réception faits récemment à Belfast, d'un moteur de ce système, d'une puissance de 500 chevaux à triple expansion, la consommation moyenne de 4 expériences a été de 5,788 kg. la pression étant de 11,968 kg. Ce résultat remarquable n'avait pu être atteint jusqu'à présent, même avec les meilleures machines à vapeur à condensation et ces chiffres doivent attirer l'attention de tous les ingénieurs et industriels de notre pays.

D'autre part, M. Delamarre-Debouttéville nous fait parvenir les chiffres relevés, après une année de fonctionnement continu, sur un moteur à gaz pauvres, du système bien connu le « Simplex », construit par les ateliers Matter et Cie de Rouen, et qui montrent un abaissement considérable dans le prix de revient de la force produite.

Voici d'abord la description du moteur lui-même :

Il appartient au type général « Simplex » inventé par MM. Delamarre et Malandin, bien qu'il ait été beaucoup amélioré, aussi bien au point de vue des détails de la distribution que dans ses coupes intérieures; il ne ressemble donc que de très loin au type monocylindrique de 100 chevaux précédemment établi par les mêmes constructeurs Il y avait, en effet, au point de vue technique un saut considérable à faire pour passer de l'unité de 100 chevaux à celle de 300, parce que, dès que ces dimensions doivent être réalisées, de nouveaux problèmes de dilatation d'échauffement inégal des parois, de refroidissement du piston, d'inflammation, etc., se présentent à résoudre avec des difficultés exceptionnelles.

On peut assurer, après cette expérience d'une année qui vient d'être faite, que les constructeurs de cette unité sans pareille actuellement dans l'industrie, se sont tirés à leur honneur de ces difficultés d'exécution. Le refroidissement du cylindre est obtenu avec une grande sécurité et la marche qui s'effectue au rythme de 100 tours par minute est absolument régulière.

Le diamètre intérieur de l'unique cylindre de cette machine est de 870 mm.; la course du piston est de 1 mètre et l'allumage est opéré par une étincelle d'induction provenant d'un petit transformateur à haute tension actionné par une pile à l'acide sulfonitrique. Le moteur fonctionne constamment sous une charge dépassant 280 chevaux, soit 220 chevaux au frein, mais il peut développer sans peine 320 chevaux, et il atteindrait 450 chevaux, si au lieu d'un mélange de gaz pauvres on l'alimentait de gaz d'éclairage ordinaire. C'est dire que ce type a été calculé largement et constitue bien le modèle de 250 chevaux au frein. Au point de vue de l'exécution, tous les perfectionnements compatibles avec les nécessités d'une marche sans arrêt ont été apportés, notamment au système de démarrage automatique des précédentes machines, au dispositif

Digitized by Google

d'allumage électrique et au mode de graissage des pièces flottantes.

Les appareils de production des gaz employés dans ce moteur, sont des gazogènes du système de Buire-Lencauchez, couplés de telle façon qu'ils peuvent fonctionner, soit ensemble pendant la marche courante, soit séparément pendant le temps consacré au décrassage des foyers. Chacun d'eux doit donc être assez puissant pour fournir la quantité de gaz nécessaire à l'alimentation du moteur pendant l'arrêt momentané de l'un ou de l'autre.

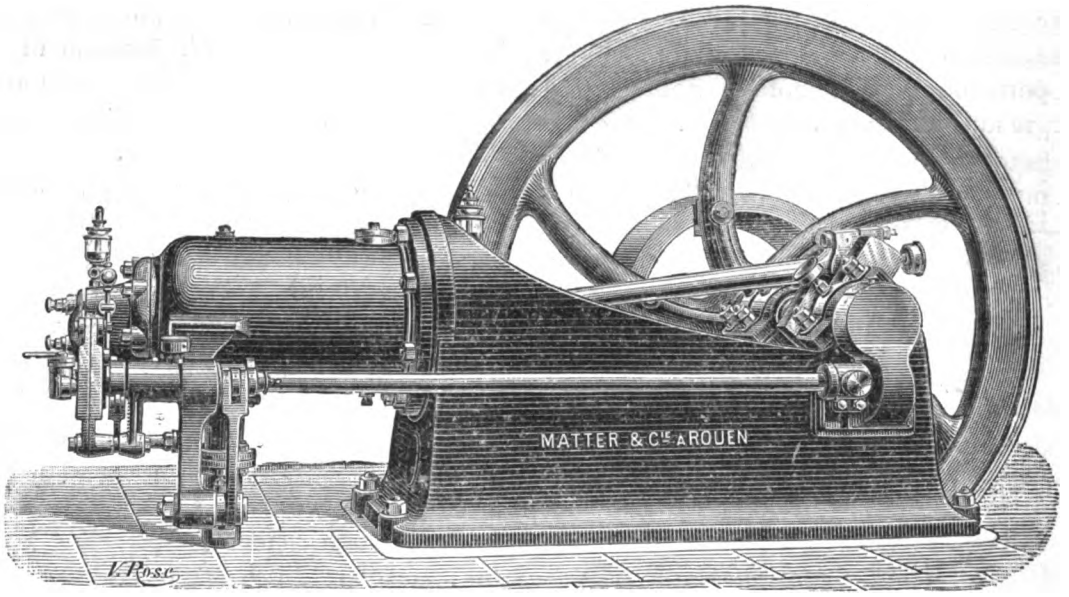


Fig. 1. — Moteur à gaz pauvre de 300 chevaux.

L'isolement de l'appareil que l'on veut débarrasser de sa cendre, s'obtient aisément à l'aide d'un barillet double sur lequel se trouve un robinet qui, étant ouvert, laisse monter l'eau dans l'un des côtés pour interrompre la communication de ce gazogène avec la cuve à gaz.

Un ventilateur fournit à chaque générateur la quantité de vent qui lui est nécessaire, et proportionnellement à l'ouverture d'un registre spécial automatique. Au sortir des gazogènes, le mélange d'hydrogène d'oxyde de carbone et autres gaz combustibles produits par la décomposition de la vapeur d'eau au contact du coke incandescent, traversent le barillet et se rendent au laveur après avoir traversé un jeu d'orgues ayant pour but de refroidir partiellement ce mélange. Le laveur se compose d'une simple colonne à coke au travers de laquelle le gaz filtre pour se refroidir et se dépouiller de son goudron. Un courant d'eau tombe constamment du haut du laveur sur le coke pour assurer cette réfrigération et ce nettoyage du gaz qui est emmagasiné ensuite dans la cloche du gazomètre avant d'être envoyé au moteur.

Un perfectionnement, qui a bien aussi son intérêt, consite dans la suppression radicale des poches en caoutchouc qui n'a pu être réalisée que par une combinaison nouvelle assez ingénieuse. Mais je ne m'y arrêterai pas, pour arriver immédiatement au point le plus intéressant de cette installation et qui est la consommation.

Le combustible employé dans les gazogènes est le charbon maigre d'Anzin, et voici comment on a procédé pour relever les quantités consommées, le moteur ne devant s'arrêter ni jour ni nuit pour le service de la minoterie où il se trouve, et l'essai au frein étant également impossible sur un si gros moteur placé dans un local aussi réduit :

Digitized by Google

Deux wagons de charbon maigre de 10.000 kg. chacun furent mis à part, et les gazogènes ayant été remplis jusqu'au haut avec du charbon ancien, l'heure du départ fut notée. Le moulin à farine à actionner étant chargé selon une production déterminée invariable, on releva pendant toute la durée des essais des courbes sur le cylindre moteur pour déterminer l'effort derrière le piston et la force correspondante. Lorsque les deux wagons furent épuisés, et à l'instant même où les deux gazogènes eurent été remplis jusqu'au haut pour la dernière fois, on nota encore l'heure et l'on constata que la marche avait duré 194 heures en charge constante et sans arrêt, ce qui évitait toutes chances d'erreur.

Les courbes planimétrées accusaient une puissance indiquée supérieure à 280 chevaux, correspondant à plus de 220 chevaux au frein. La consommation brute de charbon, sans déduction des cendres, bien que cela se calcule généralement ainsi, a donc été de :

$$\frac{20.000 \text{ kil.}}{194 \times 280} = 0 \text{ kil. } 368 \text{ grammes en chevaux indiqués.}$$

Et de :

$$\frac{20\,000 \text{ kil.}}{194 \times 220 \text{ ch.}} = 0 \text{ kil. } 468 \text{ grammes en chevaux au frein.}$$

La consommation d'eau, également relevée pendant ces 194 heures, s'est trouvée être de 6100 litres à l'heure par le refroidissement du moteur et de moins de 3000 litres pour le laveur et les deux gazogènes réunis. C'est donc une consommation totale de moins de 40 litres par cheval-heure au frein, alors que les meilleurs machines à vapeur à condensation ne consomment pas moins, au total, de 100 à 150 litres d'eau par cheval-heure dans les meilleures conditions de marche. — Il n'est pas question ici, bien entendu, de l'eau seulement transformée en vapeur motrice, dont la quantité s'abaisse tous les jours, mais additionnée avec la quantité d'eau nécessaire à sa condensation.

Ces chiffres de consommation peuvent se passer de tout commentaires et on en arrive aux conclusions suivantes :

Le charbon maigre étant compté à 30 fr. la tonne, le prix d'entretien de la puissance d'un cheval n'atteint pas 1, 5 centimes par heure soit 3 francs à peine pour le moteur de 220 chevaux au frein. La meilleure machine à vapeur consomme environ, en marche normale, 900 gr. de charbon gras à 40 fr. la tonne, ce qui fait 3, 6 centimes par cheval-heure et 8 fr. pour la force ci-dessus. Le minotier qui a installé le système Delamare-Lencauchez dans son usine fait donc sur la vapeur une économie d'environ *44,000 fr. par an*, le moteur fonctionnant sans arrêt, d'un bout de l'année à l'autre, c'est-à-dire pendant 8,760 heures. Ce chiffre énorme donne à réfléchir, et montre victorieusement l'énorme supériorité du moteur à gaz pauvres sur la machine à vapeur, et, par conséquent l'avenir immense de ce système arrivé en moins de quelques années presque au même degré de supériorité de la vapeur connue et perfectionnée depuis un siècle par plusieurs générations d'ingénieurs et de mécaniciens.

Ceci peut paraître extraordinaire à première vue, mais lorsqu'on étudie les choses plus à fond, on remarque : 1° Que la quantité de gaz pauvres produits par 1 kg. de houille est de 4 à 5 m^3 et ne peut être dépassée ; 2° que la puissance calorifique de ce gaz varie peu puisqu'elle oscille entre 1200 et 1500 calories par m^3, quelle que soit la qualité de charbon employée ; 3° qu'un mélange tonnant n'atteint son effet le plus grand qu'avec une proportion de gaz invariable et bien déterminée. Or un mélange d'énergie maximum comporte une quantité de gaz pauvres variant entre 2200 et 2600 litres par cheval-heure au frein. Toutes ces raisons démontrent qu'il n'y a plus à attendre que des modifications et des perfectionnements de détail dans ce genre de moteurs, et que le summum d'économie est déjà atteint.

A l'époque actuelle, on peut se convaincre qu'il sera dificile de surpasser notablement ce chiffres de consommation, mais il existe ces pendant une autre face de la question qui

Digitized by Google

laisse le champ libre à toutes les initiatives et à toutes les études, c'est celle de la qualité, du genre de combustible dont on fera usage. On peut se rappeler que pendant les premières années de l'utilisation des gaz pauvres, l'emploi exclusif de l'anthracite s'imposait parce que les gazogènes connus ne pouvaient fonctionner industriellement sans ce combustible. L'invention du système de gazogène Lencauchez a permis de faire disparaître cet inconvénient et d'utiliser les charbons maigres de toute provenance, dont le prix est à peu près moitié moindre de celui des anthracites, mais il a fallu, d'autre part que les moteurs pussent employer des gaz ne contenant que 1200 calories au mètre cube, au lieu de 8000 (comme c'est la teneur des gaz de ville). Or ce résultat, est, comme on vient de le voir, une chose acquise.

En résumé, et quoi qu'il en soit des progrès économiques que cette question nous réserve dans l'avenir, on peut dès à présent constater et reconnaître le progrès énorme qui vient d'être atteint et le pas considérable qui est franchi. On peut affirmer désormais qu'un moteur à gaz pauvres réalise, dans des conditions normales, une économie de plus de moitié sur les meilleures installations de vapeur connues, et l'expérience qui vient d'en être faite, ainsi que nous l'avions rapporté, aux moulins de Pantin, en est la preuve. Ces applications sont donc à même de produire dans le monde industriel et notamment dans le domaine de l'électricité, une véritable révolution économique dont les résultats pratiques sont incalculables, et qui ouvrent une ère nouvelle à l'activité des chercheurs et des novateurs.

H. G.

Régulation des moteurs à vapeur pour l'éclairage électrique (1).

On se plaint quelquefois de la difficulté qu'il y a à trouver des régulateurs satisfaisant aux conditions qu'exige la marche d'une machine à vapeur pour l'éclairage électrique. Il semble que tous les régulateurs à force centrifuge aient été essayés et qu'aucun d'eux ne donne satisfaction complète.

Devons-nous admettre que le régulateur cherché ne peut être construit, ou que les inventeurs ne peuvent résoudre le problème ? Il semble que la question est autre. Le régulateur tant désiré n'a pas paru parce que les ingénieurs électriciens n'ont pas expliqué assez clairement ce qu'ils désirent ni pourquoi ils le désirent. Cherchons à éclaircir la question.

Il est essentiel que les machines pour l'éclairage électrique marchent toujours à la même vitesse quelle que soit la charge ; ou encore la vitesse doit varier avec la charge selon une loi donnée. D'autre part, la charge varie par moments entre de grandes limites, et avec rapidité. Nous avons, par exemple, une machine de 350 chevaux. Elle développe pour le moment 150 chevaux. Brusquement, en fermant un commutateur, qui peut être à un kilomètre de la machine, nous doublons la charge. Or, si la machine n'est pas disposée pour vaincre cette charge brusque sans à-coup, les lampes allumées baisseront et peuvent tomber à une très petite intensité pendant quelques secondes. Le public n'admet pas ces variations qu'il faut donc éviter à tout prix.

Cette machine ayant maintenant à supporter une charge de 300 chevaux au lieu de 150 doit faire exactement le même nombre de tours par minute qu'auparavant. Si elle tourne un peu plus vite, le courant sera trop intense ; et trop faible si elle tourne plus lentement. Dans d'autres cas, la machine doit tourner plus vite à 300 chevaux qu'à 150, mais la nouvelle vitesse doit être à la précédente dans un rapport défini. Nous avons donc là deux conditions bien différentes. Dans le premier cas, le nombre de tours par minute doit être constant, dans le second, la vitesse doit avoir une relation invariable avec la puissance.

Quand on emploie le régulateur ordinaire à force centrifuge, qu'il agisse sur l'admission ou sur la détente, une vitesse définie accom-

(1) D'après *The Engineer*.

Digitized by Google

pagne chaque position des boules. Si la machine fait cent tours par minute et indique 150 chevaux, la circonférence du cercle décrit par le centre de gravité des boules est d'une longueur donnée. Si la machine prend plus de vapeur et développe 200 ou 250 chevaux, le cercle doit être plus grand, car la soupape ne peut s'ouvrir plus qu'à cette condition, et les boules ne s'écartent que si la machine marche plus vite. Un tel régulateur ne peut donc se plier à la condition de constance de la vitesse.

D'un autre côté, on pourrait l'adapter au second cas considéré, dans lequel la vitesse varie avec la puissance, si l'on pouvait assurer une relation définie entre la vitesse du régulateur et la puissance de la machine. Il ne suffit pas qu'il y ait une relation définie entre la vitesse de la machine et la position des boules. Ceux qui ont cherché à construire une soupape ou un régulateur Corliss, réalisant une relation définie entre la vitesse de la machine et la puissance, peuvent rendre compte de la difficulté du problème. Dans la pratique, une grande partie de la besogne doit être effectuée par le mécanicien qui doit faire le travail qu'accomplirait un régulateur convenablement disposé.

Tout cela s'applique aussi à l'action du régulateur dans la compensation des mille et une petites irrégularités de la charge du frottement, de la pression de vapeur, etc. La grande difficulté initiale subsiste : action instantanée du régulateur dans le cas de grandes modifications de la charge. Ce qui semblerait indispensable, serait un régulateur qui, au moment où la vitesse varie, de 1 0/0 par exemple ouvre ou ferme complétement la soupape, et la manœuvre ensuite en une série d'oscillations très rapides d'arcs de plus en plus petits jusqu'à ce que la position correspondant à la la nouvelle charge soit atteinte.

On trouve quelque chose d'analogue dans le moteur à gaz, et il n'est pas certain que le même principe ne puisse être appliqué à la machine à vapeur. MM. Brown Brothers construisent un régulateur empêchant les machines marines de s'emballer. Dès que la machine tend à s'emballer, l'inertie d'un poids mobile ouvre une détente et la soupape d'admission se ferme complètement. Nous avons là l'idée fondamentale d'un régulateur pour machines d'éclairage électrique.

Le régulateur isochrone satisfait assez bien aux conditions indiquées jusqu'à un certain point. Les boules restent dans une position quelconque, indépendante de la vitesse ; seule une variation de vitesse les fait changer d'écartement ; mais le régulateur isochrone est un organe trop délicat pour une station centrale et, de plus, il est sujet à dérèglages fréquents.

En somme, il semble qu'une modification du régulateur Pitcher répondrait le mieux aux conditions. Le principe en est très simple, un piston conduit par la machine se meut dans un cylindre et pompe de l'air sous un autre piston dans un second cylindre. L'air s'échappe par un clapet. La tige du second piston est reliée à la soupape d'admission. Lorsque la machine tourne trop vite, l'air ne peut s'échapper assez rapidement par le clapet ; le second piston est soulevé et ferme l'arrivée de vapeur. En substituant de l'eau à l'air on peut réduire les dimensions de l'appareil, et par une modification facile à imaginer, le régulateur peut être mis à même d'ouvrir ou de fermer la soupape d'une quantité déterminée pour chaque vitesse ; puisque sa position ne dépend pas de la vitesse, comme dans le cas du régulateur à force centrifuge, mais de la variation de vitesse.

Il ne semble pas y avoir grande différence que le régulateur agisse sur l'arrivée de vapeur ou sur la détente. Les régulateurs d'admission sont quelquefois défectueux parce que la soupape n'est pas convenablement construite. Il n'y a pas de relation déterminée entre la section ouverte ou fermée et la position du régulateur. La meilleure disposition semble être de faire passer la vapeur à travers un orifice circulaire dans une plaque dans laquelle se

Digitized by Google

meut un cône. En donnant à la génératrice de ce cône une forme convenable, nous pouvons établir une relation donnée entre la position du régulateur et la section de l'arrivée de vapeur.

Quelques électriciens se déclarent entièrement satisfaits des machines telles qu'elles existent et ne voient pas la nécessité d'y apporter des modifications. Mais leur satisfaction a souvent pour origine leur ignorance. Ils ne savent pas ce qu'un bon régulateur peut accomplir. Les constructeurs de machines, d'autre part, attribuent la mauvaise régulation aux conditions de production du courant, ne songeant pas que c'est la machine qui doit s'adapter aux conditions extérieures de la consommation de l'énergie électrique, et que ce n'est pas l'inverse qui doit avoir lieu.

Ventillateur Pœschmann pour armatures de dynamos

Pour assurer une ventillation active autour de l'armature des dynamos, on cale sur l'arbre, à l'intérieur de la poulie de commande, une soufflerie aspirant l'air extérieur pour l'envoyer

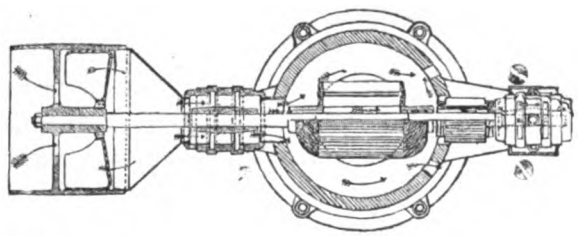


Fig. 1. Pœschmann.

à travers le commutateur dans la carcasse de la machine (fig. 1). On peut encore plus simplement donner aux bras de la poulie la forme des ailes d'un ventilateur.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES
ET DES
PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Sur la magnétisation circulaire des fils de fer, par Klemencic (1)

L'auteur étudie expérimentalement, sur des fils de fer doux, de fer dur et d'acier Bessemer de 1 m. de long et de 2 mm. de diamètre, les extra-courants qui résultent du passage dans ces fils d'un courant produisant une magnétisation circulaire. Des extra-courants on peut calculer, au moyen d'une formule de Kirchhoff, la susceptibilité magnétique dans une direction circulaire. La susceptibilité dans la direction axiale et en outre déterminée pour diverses intensités du champ. Les expériences montrent que qualitativement la variation de la susceptibilité dans l'une et l'autre direction est sensiblement la même. Quantitativement on peut cependant observer les différences suivantes. Avec le fer doux recuit la susceptibilité autour de l'axe est moindre que dans la direction de l'axe. Si le fil de fer est rendu dur par une tension, la susceptibilité dans la direction longitudinale diminue plus rapidement que dans la direction circulaire et le résultat observé pour le fer doux peut se trouver renversé.

Pour les fils d'acier Bessemer la susceptibilité circulaire est plus grande que la susceptibilité axiale.

Des expériences simultanées sur le magnétisme rémanent montrent que ce magnétisme rémanent est plus grand dans le cas d'une magnétisation circulaire que dans celui d'une magnétisation axiale, principalement pour le fer dur et l'acier. Si l'on produit à plusieurs reprises la démagnétisation au moyen de champs plus intenses la susceptibilité augmente pour des champs plus faibles, même dans le cas de la magnétisation circulaire.

J. B.

(1) *Wiener Berichte*, 5 juillet 1894.

Digitized by Google

Etude sur l'induction unipolaire, par E. Lecher (1).

Le but de cette étude est de reconnaître si, lorsqu'un aimant cylindrique tourne autour de son axe, les lignes de force restent en repos ou si elles tournent avec l'aimant.

La première partie contient l'historique de la question et fait ressortir que les observations les plus anciennes comme les plus récentes ne peuvent permettre de la résoudre. De cette partie du mémoire, il résulte que la loi de Biot et Savart, relative à l'action d'un conducteur rectiligne sur un pole magnétique, n'est pas d'accord avec les faits expérimentaux.

La seconde partie contient une brève description des expériences faites pour donner une preuve électrométrique des charges électrostatiques résultant de la rotation d'un aimant. L'auteur ne considère pas ces expériences comme étant à l'abri de toute objection.

La troisième partie contient l'*expérimentum crucis* et la réponse à la question posée. Un aimant est divisé par une section équatoriale en deux parties qui peuvent tourner séparément. Au moyen de ressorts de contact convenables il est possible d'obtenir de deux extrémités de l'aimant un courant d'induction dont la grandeur ne peut être expliquée par la coupure des lignes de force en rotation par les ressorts de contact de très petite longueur. Ce courant s'explique facilement si l'on adopte l'idée émise par Faraday, qu'il abandonna cependant plus tard, qu'un aimant en rotation coupe ses propres lignes de force en repos et possède ainsi une action électromotrice.

J. B.

La propagation de la lumière dans les milieux en mouvement, d'après la théorie électromagnétique de la lumière, par M. Reiff (2).

L'auteur applique la théorie de von Helmholtz sur l'absortion et la dispersion de la lumière à l'étude de la propagation des ondes lumineuses dans les milieux en mouvement. Dans ce Mémoire il se borne au cas des milieux transparents, se réservant de revenir plus tard sur celui des milieux opaques.

Trois hypothèses peuvent être faites sur l'influence du mouvement de la matière sur l'éther baignant les molécules matérielles :

1° L'éther se meut en même temps que la matière; en d'autres termes, il est adhérent à celle-ci.

2° L'éther demeure en repos pendant le mouvement de la matière.

3° Une partie de l'éther est entraînée par la matière; l'autre partie reste en repos.

Ce dernier cas comprenant les deux autres comme cas particuliers, c'est le seul que l'auteur considère.

Soient α, β, γ les composantes de la vitesse d'une molécule matérielle, x, y, z les moments électriques de cette molécule. Nous avons d'après Helmholtz (3).

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\partial x}{\partial t} + \alpha\sigma + \frac{\partial}{\partial y}(\beta x - \alpha y) + \frac{\partial}{\partial z}(\gamma x - \alpha z)$$

où σ est la quantité d'électricité vraie que possède la molécule. Si l'on suppose, pour simplifier, que le milieu matériel se meut uniformément dans la direction de l'axe des z, α et β sont nuls, γ est constant et la relation précédente se réduit à

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\partial x}{\partial t} + \gamma \frac{\partial x}{\partial z}. \qquad (1)$$

On en déduit

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + 2\gamma \frac{\partial^2 x}{\partial t\, \partial z} + \gamma^2 \frac{\partial^2 x}{\partial z^2} \qquad (2)$$

En admettant qu'une fraction δ de l'éther contenu dans un certain volume soit entraînée par la matière, nous aurons en désignant par f, g, h les moments électriques de l'éther rapporté à l'unité de volume.

$$\frac{df}{dt} = \frac{\partial f}{\partial t} + \alpha\delta\sigma_1 + \delta\frac{\partial}{\partial y}(\beta f - \alpha g) + \delta\frac{\partial}{\partial z}(\gamma f - \alpha h)$$

(1) *Wiener Berichte*, 12 juillet 1894.

(2) *Wiedemann's Annalen*, t L. p. 361-368 (1893).

(3) Voir les articles publiés par M. Raveau, dans les numéros de juillet, août et septembre 1893 et en particulier p. 469 à 474.

Digitized by Google

ou, puisque $\alpha = \beta = o$ et $\gamma =$ const.

$$\frac{df}{dt} = \frac{\partial f}{\partial t} + \gamma\delta \frac{\partial f}{\partial z}, \tag{3}$$

et par suite

$$\frac{d^2 f}{dt^2} = \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} + 2\gamma\delta \frac{\partial^2 f}{\partial t\, \partial z} + \gamma^2\delta^2 \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$$

Dans Helmholtz, l'énergie électrique a pour expression (équation 11 *b*)

$$\Phi_e = \int\int\int dx\, dy\, dz \left\{ \frac{f^2+g^2+h^2}{2\varepsilon} - \frac{fx+gy+hz}{\varepsilon} + \frac{x^2+y^2+z^2}{2\theta} \right\}$$

le premier terme représentant l'énergie de polarisation de l'éther, le troisième l'énergie de polarisation des molécules matérielles, le second l'énergie électrique dûe à la présence de charges sur ces dernières molécules. A cette expression M. Reiff, substitue la suivante :

$$\Phi e = \int\int\int dx\, dy\, dz \left\{ \frac{f^2+g^2+h^2}{2\varepsilon} - \eta \frac{fx+gy+hz}{\varepsilon} + \frac{x^2+y^2+z^2}{2\theta} \right\} \tag{4}$$

Dans ces conditions les équations (12 *a*), (12 *b*),... (12 *f*) d'Helmholtz deviennent respectivement.

$$\frac{f-\eta x}{\varepsilon} = A \frac{dU}{dt} \tag{5}$$

$$A \frac{dL}{dt} = \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{h-\eta z}{\varepsilon}\right) - \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{g-\eta y}{\varepsilon}\right) \tag{6}$$

$$A \frac{d(f+x)}{dt} = \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{M}{\mu}\right) - \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{N}{\mu}\right) \tag{7}$$

$$f \frac{1+\eta}{\varepsilon} = x \frac{\varepsilon+\theta\eta}{\varepsilon\theta} + m_1 \frac{d^2x}{dt^2} + k_1 \frac{dx}{dt} \tag{8}$$

$$a = \frac{\varepsilon+\theta\eta}{(1+\eta)\theta}, \qquad m = m_1 \frac{\varepsilon}{1+\eta}, \qquad k = k_1 \frac{\varepsilon}{1+\eta} \tag{9}$$

$$f = a^2 x + m \frac{d^2x}{dt} + k \frac{dx}{dt} \tag{10}$$

Le milieu étant supposé non absorbant, on peut poser $k = o$ et cette dernière équation devient

$$f = a^2 x + m \frac{d^2x}{dt} \tag{10a}$$

Des équations (6) et (7) on déduit

$$A^2 \frac{d^2(f+x)}{dt^2} = \frac{1}{\mu\varepsilon} \Delta(f - \eta x) + \frac{1}{\mu\varepsilon} \eta \frac{\partial \sigma}{\partial x} \tag{11}$$

Considérons une onde plane ayant ses vibrations parallèles à l'axe des x et se propageant dans la direction de l'axe des z. Nous pouvons poser

$$\left.\begin{aligned} f &= B e^{in(t+pz)} \\ x &= b e^{in(t+pz)} \end{aligned}\right\} \tag{12}$$

et par suite

$$\frac{df}{dt} = in(1+\gamma\delta p),$$

$$\frac{d^2 f}{dt^2} = -n^2(1+\gamma\delta p)^2,$$

$$\frac{dx}{dt} = in(1+\gamma p)x,$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -n^2(1+\gamma p)^2 x.$$

La relation (10_a) donne alors

$$B = b\,[a^2 - mn^2(1+\gamma p)^2] \tag{13}$$

tandis que la relation (11) conduit à

$$B(1+\gamma\delta p)^2 + b(1+\gamma p)^2 = C_0^2(p^2 B - \eta p^2 b) \tag{14}$$

C_0 désignant

$$\frac{1}{A\sqrt{\mu\varepsilon}}$$

c'est-à-dire la vitesse de la propagation dans l'éther libre et en repos. Cette dernière relation (14) peut encore s'écrire

$$B[C_0^2 p^2 - (1+\gamma\delta p)^2] = b[\eta p^2 C_0^2 + (1+\gamma p)^2] \tag{15}$$

et des relations (13) et (15) nous déduisons

$$[a^2 - mn^2(1+\gamma p)^2][C_0^2 p^2 + (1+\gamma\delta p)^2] = C_0^2 \eta p^2 + (1+\gamma p)^2 \tag{16}$$

Si nous faisons $\gamma = o$ dans cette équation nous en déduisons pour la vitesse de la propagation $\frac{1}{p} = C$ dans le milieu en repos

$$C^2 = C_0^2 \frac{a^2 - mn^2 - \eta}{a^2 - mn^2 + 1} \tag{17}$$

Par conséquent en désignant par v l'indice de réfraction de la substance

$$v^2 = \frac{a^2 - mn^2 + 1}{a^2 - mn^2 - \eta} \tag{18}$$

Digitized by Google

Ordonnons l'équation (16) par rapport aux puissances décroissantes de la vitesse $\frac{I}{p}$ de la lumière dans le milieu en mouvement. Il vient en appelant V cette vitesse

$$V^4(a^2-mn^2+1)+V^3\,2\gamma(1-mn^2+\delta a^2-\delta mn^2)$$
$$-V^2[C_0^2(a^2-mn^2-\eta)-\gamma^2(1-mn^2-2\delta mn^2+\delta^2-\delta^2 mn^2)]$$
$$+V.2\gamma(mn^2C_0^2-\delta\gamma^2-\delta^2\gamma^2 mn^2)-\delta^2\gamma^4-mn^2C_0^2\gamma^2=0$$

Divisant cette équation par $C^4(a^2-mn^2+1)$ et posant $\frac{C}{V}=\lambda$, on obtient en tenant compte de (17) et (18)

$$\lambda^4+\lambda^3\frac{2\gamma}{C}\frac{1-mn^2+\delta a^2-\delta mn^2}{a^2-mn^2+1}$$
$$-\lambda^2\left\{1-\frac{\gamma^2}{C^2}\frac{1-mn^2-2\delta mn^2+\delta^2-\delta^2 mn^2}{a^2mn^2+1}\right\}$$
$$+\lambda\frac{2\gamma}{C}\left\{\frac{mn^2v^2}{a^2-mn^2+1}-\frac{\gamma^2}{C^2}\frac{\delta+\delta^2mn^2}{a^2-mn^2+1}\right\}$$
$$-\frac{\gamma^2}{C^2}\left\{\frac{mn^2v^2}{a^2-mn^2+1}+\frac{\gamma^2\delta^2}{C^2(a^2-mn^2+1}\right\}=0$$

La vitesse γ du mouvement de la matière est toujours très petite par rapport à la vitesse de propagation C de la lumière dans le milieu, par conséquent on peut, dans la relation précédente, négliger les carrés de $\frac{\gamma}{C}$ et il reste, après avoir divisé par λ,

$$\left.\begin{array}{l}\lambda^3+\lambda^2\frac{2\gamma}{C}\frac{1-mn^2+\delta(a^2-mn^2)}{a^2-mn^2+1}\\ -\lambda+\frac{2\gamma}{C}\frac{mn^2v^2}{a^2-mn^2+1}=0\end{array}\right\}\quad(19)$$

Cette équation du troisième degré admet trois racines réelles. L'une d'elles est négative car le premier membre est négatif pour $\lambda=-\infty$ et positif pour $\lambda=0$; cette racine ne convient pas à la question. Si nous substituons

$$\lambda=\frac{2\gamma}{c}\left(\frac{mn^2v^2}{a^2-mn^2+1}+k\right)$$

k étant une très petite quantité positive, nous trouvons un résultat négatif. L'une des racines positives de l'équation est donc plus petite que le second membre de la dernière égalité ; elle est donc très petite, puisque $\frac{\gamma}{C}$ est très petit. Quant à la troisième racine, celle qui nous intéresse, elle est voisine de l'unité et nous pouvons poser pour la valeur de cette racine

$$\lambda=1+y,$$

y étant de l'ordre de $\frac{\gamma}{C}$. Si nous substituons dans (19) et que nous négligions les puissances de y supérieures à 1 ainsi que les produits de y par les termes contenant $\frac{\gamma}{C}$, nous trouvons

$$y=-\frac{\gamma}{C}\frac{1+mn^2(v^2-1)+\delta(a^2-mn^2)}{a^2-mn^2+1}\qquad(20)$$

et par conséquent puisque $\lambda=\frac{V}{C}$,

$$V=C-\gamma\frac{1+mn^2(v^2-1)+\delta(a^2-mn^2)}{a^2-mn^2+1}\qquad(20a)$$

De la relation (18) qui donne l'indice de réfraction v, on déduit l'expression approximative,

$$\frac{v^2}{v^2-1}=\frac{a^2-mn^2+1}{1+\eta},$$

et l'expression (20) de la vitesse peut s'éerire

$$V=C-\gamma\frac{v^2-1}{v^2}\frac{1+mn^2(v^2-1)+\delta(a^2-mn^2)}{1+\eta}\qquad(21)$$

Si avec Helmholtz on pose $\eta=1$, cette formule devient

$$V=C-\gamma\frac{v^2-1}{v^2}\frac{1+mn^2(v^2-1)+\delta(a^2-mn^2)}{2}\qquad(21a)$$

Pour qu'elle coïncide avec celle de Fresnel,

$$V=C-\gamma\frac{v^2-1}{v^2},$$

laquelle s'est trouvée sensiblement vérifiée par les résultats des expériences de M. Fezeau et MM. Michelson et Morley, et faut que

$$\frac{1+mn^2(v^2-1)+\delta(a^2-mn^2)}{2}=1$$

Digitized by Google

ou

$$\delta\,(a^2 - mn^2) = 1 - mn^2\,(v^2 - 1)$$

Par conséquent δ ne peut être nul et sa valeur est

$$\delta = \frac{1 - mn^2\,(v^2 - 1)}{a^2 - mn^2}$$

ou, en remplaçant, avec Helmholtz $\frac{a^2}{m}$ par N^2

$$\delta = \frac{\frac{1}{m} + n^2\,(v^2 - 1)}{N^2 - n^2} \qquad (22)$$

On voit que δ dépend de la durée de la vibration puisque cette durée a pour valeur $\frac{2\pi}{n}$; on voit en outre que lorsque cette durée diminuera δ augmentera.

Dans les milieux non absorbants on a certainement $n^2 < N^2$ et $n^2 < \frac{1}{m}$. Par conséquent, à titre de première approximation, on peut prendre,

$$\delta = \frac{1}{m\,N^2} = \frac{1}{a^2}$$

et comme d'après les calculs d'Helmholtz, a^2 est à peu près égal a 3 pour l'essence de térébentine, on arrive à ce résultat que le 1/3 de l'éther contenu dans ce corps serait entraîné par son mouvement.

Au lieu d'admettre que $\eta = 1$, on peut prendre $\eta = o$, ce qui revient à supposer que l'énergie électrique Φ_e est la somme de l'énergie de la polarisation de la matière et de l'énergie de la polarisation de l'éther. Il vient alors pour la valeur de la vitesse

$$V = C - \gamma\left(1 - \frac{1}{v^2}\right)\left[1 + mn^2\,(v^2 - 1) + \delta\,(a^2 - mn^2)\right]$$

Admettons que l'éther ne soit pas entraîné par le milieu matériel, c'est-à-dire, supposons $\delta = o$; il reste

$$V = C - \gamma\left(1 - \frac{1}{v^2}\right)\left[1 + mn^2\,(v^2 - 1)\right]$$

Or, mn^2 est une quantité très petite; par suite on peut négliger son produit par $v^2 - 1$ et on retrouve la formule de Fresnel.

L'auteur en conclut qu'il ne sert à rien d'avoir recours à l'hypothèse d'un entraînement de l'éther.

J. B.

Sur l'influence de la température sur la conductibilité électrique des éthers composés, par A. Bartoli (1).

L'auteur commence par rappeler les résultats de ses nombreuses recherches antérieures sur la conductibilité électrique des corps organiques. Les plus importants de ces résultats sont :

1° Les composés organiques à l'état solide et à une température suffisamment inférieure à celle de leur fusion ne sont pas conducteurs.

2° Les hydrocarbures et la majeure partie de leurs dérivés par substitution du chlore et du brome à l'hydrogène, ainsi que les composés organo-métalliques, ne sont pas conducteurs à l'état liquide.

3° Les acides, les alcools, les acétones, les phénols, les amines et en général toutes les bases organiques, les chlorures, bromures et iodures des radicaux acides, etc., présentent une certaine conductibilité à l'état liquide.

4° Dans les séries homologues des acides et des alcools la conductibilité va en décroissant à mesure que croît la complexité de la formule du composé.

5° En général la conductibilité électrique des liquides purs croît en même temps que la température.

6° Les solutions dans un liquide quelconque d'une substance conductrice à l'état liquide sont conductrices, mais les mélanges de deux substances qui sont isolantes à l'état liquide sont isolants.

7° Beaucoup de mélanges de substances organiques, tels que ceux de naphtaline et de phénol, de naphtaline et de nitronaphtaline, etc., acquièrent en se solidifiant une con-

(1) *Il Nuovo Cimento*, 3e série, t. XXXVI, p. 57-70; août 1894.

Digitized by Google

ductibilité plus grande que celle qu'ils avaient précédemment à l'état liquide, conservent cette conductibilité malgré un abaissement considérable de température, puis la perdent peu à peu par un refroidissement encore plus intense.

8° Un grand nombre de solutions diluées de liquides conducteurs, tels que les alcools de la série grasse dans les hydrocarbures et dans d'autres liquides, présentent une conductibilité décroissant quand la température s'élève, contrairement à ce qui passe pour la plus grande partie des composés organiques et de leurs solutions.

Les nouvelles recherches de M. Bartoli portent sur les éthers formiques, acétiques, propioniques, butyriques, valériques, benzoïques des cinq premiers alcools de la série grasse et sur quelques autres éthers des alcools précédents.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus pour la conductibilité à la température ordinaire (entre 15 et 25° centigrades) des éthers de séries homologues :

	Formique	Acétique	Propionique	Butyrique	Valérique
Méthyl....	45.000	5.200	5.100	2.000	1.100
Ethyl.....	38.000	2.900	1.200	200	2.5
Propyl.....	18.000	4.400	800	75	38
Isobutyl....	17.000	3.920	—	34	16
Amyl.....	6.800	1.100	116	17	1

On voit que dans chaque série horizontale et verticale, *la conductibilité va en décroissant lorsque la complexité de la formule chimique augmente*. Il n'y a exception que pour l'éther éthyl-acétique ; l'auteur attribue cette exception à un défaut de pureté du corps car en opérant sur divers échantillons d'éther éthyl-acétique regardés comme purs il a obtenu des nombres très variables pour leur conductibilité.

La loi générale se vérifie pour la série des éthers de l'acide benzoïque qui, à la température ordinaire, possèdent les conductibilités suivantes :

Méthyl-benzoïque	7300
Ethyl-benzoïque	610
. . . . .	
Isobutyl-benzoïque	200
Amyl-benzoïque	57

A la température d'ébullition la conductibilité est donnée par le tableau suivant :

	Formique	Acétique	Propionique	Butyrique	Valérique
Méthyl.....	58.000	5 800	7.100	3.190	2.110
Ethyl.....	48.000	1.450	2.100	1.270	690
Propyl.....	24.700	6.700	1 320	680	600
Isobutyl....	18.000	2.800	—	400	270
Amyl.....	7.190	2.480	650	825	278

La comparaison des chiffres de ce tableau avec ceux du précédent montre que *la conductibilité des éthers croît quand la température s'élève.*

Le même fait s'observe avec les éthers benzoïques qui, à la température d'ébullition, ont pour conductibilités.

Méthyl-benzoïque	24000
Ethyl-benzoïque	2580
. . . . .	
Isobutyl-benzoïque	2030
Amyl-benzoïque	2600

On voit de plus que, sauf trois exceptions qui peuvent être attribuées à un défaut de pureté des corps étudiés, la conductibilité à la température d'ébullition décroît, pour chaque série, quand la complexité de la molécule augmente.

Les mesures faites sur les solutions de divers corps dans ces éthers montrent que l'addition de 1 à 20 pour 100 d'un alcool quelconque à un éther composé fait acquérir à la solution une conductibilité qui *décroît* quand la température augmente. L'addition d'une petite quantité d'un phénol, d'un acétone, d'aniline, de paraldéhyde, dans ces éthers ne change pas le sens de la variation de la conductibilité avec la température, c'est-à-dire que la conductibilité croît quand la température s'élève.

J. B.

Digitized by Google

Pouvoirs thermoélectriques des alliages de bismuth et d'antimoine, par C. C. Hutchins (1)

« L'auteur ayant eu besoin de préparer et d'employer des couples thermoélectriques de très petite masse, entreprit les expériences suivantes dans le but de trouver la combinaison d'éléments la meilleure sous ce rapport.

« Beaucoup d'études ont déjà été faites sur ce sujet, principalement à propos de la construction des thermopiles, destinées à remplacer les batteries ordinaires. L'extrême fragilité des alliages et des sulfures utilisés dans ces piles, exclut ces corps de la liste des éléments convenables, quand on veut que ceux-ci soient très fins et puissent avoir plusieurs soudures.

« Nous possédons de nombreuses déterminations des forces électromotrices des couples thermoélectriques dues à Matthiessen et quelques autres savants, mais il est impossible de répéter les expériences de ces auteurs à cause du manque de méthode dans la préparation des couples et à cause des effets des impuretés des métaux qu'ils employaient.

« L'influence de l'état physique du métal sur son pouvoir thermoélectrique, se voit nettement dans les tables dressées par Jenkin pour résumer les expériences de Matthiessen. Ainsi le pouvoir thermoélectrique d'un fil d'antimoine comprimé est 280 unités C. G. S tandis que celui d'un cristal d'antimoine est 2640. Il est vrai que nous ignorons si le fil et le cristal proviennent du même échantillon de métal.

« L'influence des impuretés résulte de l'examen de la table donnée plus loin et relative au bismuth et à l'étain, où l'on constate que la présence de 1/3 à 1 p. 100 est suffisante pour renverser la direction de la force électromotrice du bismuth. Par conséquent, si nous voulons des nombres qui représentent quelque chose de plus que l'ordre de grandeur des quantités cherchées, les plus grands soins doivent être pris pour se procurer des matériaux tout à fait purs, et les éléments des couples doivent être préparés d'une manière uniforme.

(1) *American Journal of Science*, t. XLVIII, p. 226-230; septembre 1894.

« *Appareil.* — Une barre de cuivre de 1,5 cm² de section et de 4 cm de long est fixée par une de ses extrémités dans une traverse de bois; son autre extrémité est taillée en coin tronqué. Un bloc de cuivre est maintenu sur chacune des faces de ce coin par un léger ressort. Sous ces blocs, et pressées par eux contre les faces du coin, passent les barres du couple thermoélectrique; ces barres se rencontrent à 1 cm au-delà de l'extrémité du coin et sont soudées. L'isolement entre les barres, les blocs de cuivre et le coin est obtenu par une simple couche de vernis dur. Ces précautions sont prises pour empêcher la conduction de la chaleur jusqu'aux autres soudures; en même temps elles assurent un isolement complet. Le couple est relié à un galvanomètre sensible et à une résistance d'un millier d'ohms. On suppose que les déviations galvanométriques sont proportionnelles aux forces électromotrices.

« Les déviations étaient produites comme il suit : Deux gobelets contenaient de l'eau, l'un à la température de la chambre, l'autre à une température plus élevée. Le niveau de l'eau dans chacun était tel que, quand la traverse de bois reposait sur leurs bords, la soudure plongeait un peu dans l'eau. Après avoir agité l'eau des gobelets et noté les températures, on transportait rapidement la soudure d'un gobelet à l'autre et, après avoir observé la déviation galvanométrique, on la reportait dans le premier. La déviation produite par chaque couple expérimenté était comparée, dans chaque cas, avec la déviation produite par un couple de fils fins de fer et de cuivre, pris comme étalon. La force électromotrice de cet étalon était obtenue par comparaison avec une pile Daniell étalon; elle était de 1412 unités C. G. S à la température moyenne de 30°.

« *Matériaux et préparation.* — Le bismuth était préparé par Joseph Torrey du laboratoire de chimie Harward. M. Torrey a fait de la préparation du bismuth pur une étude spéciale dans le but de redéterminer son poids atomique. L'élimination du plomb présente de

Digitized by Google

très grandes difficultés; aussi n'est-il pas inutile de dire que les échantillons employés ne donnaient aucune des lignes de cette impureté quand on examinait le spectre de l'étincelle électrique.

« L'antimoine employé était une portion de celui qui a été préparé par le professeur Cook dans ses recherches sur le poids atomique de ce métal. Le plomb, qui formait un élément dans tous les couples, était préparé par l'électrolyse de l'acétate pur.

« Les métaux sont fondus en lames minces comme il suit : Deux plaques de verre planes sont légèrement enfumées ou sont très légèrement frottées avec de la plombagine. Le métal étant fondu sous du charbon ou du chlorure de sodium fondu, une petite quantité est versée sur l'une des plaques et l'autre plaque est appliquée sur celle-ci aussi rapidement que possible. On obtient ainsi une feuille de très faible épaisseur qui peut être coupée en bande à l'aide d'une règle et d'un fin burin.

« *Résultats.* — Dans les tables suivantes la colonne *a* indique la composition de l'alliage formant l'un des éléments du couple, l'autre élément étant toujours du plomb pur; la colonne *t* la moyenne des températures de la soudure chaude et de la froide; la colonne *t'* la différence de ces température; *d* est déviation du galvanomètre par degré de température; *p* désigne le pouvoir thermoélectrique relatif au plomb; les signes de cette dernière colonne sont d'accord avec la convention que l'effet Peltier d'un courant inverse donne lieu à un dégagement positif de chaleur.

a		*t*	*t'*	*d*	*p*
Bi	Sb				
50.....	50.....	32,0	18,5	1,960	— 1845
60.....	40.....	31,0	25,1	3,127	2944
70.....	30.....	31,4	24,2	4,230	3982
80.....	20.....	31,0	22.7	5,710	5374
90.....	10.....	32,0	21,5	6 576	6179
95.....	5.....	31,2	21,5	7,205	6782
97,5.....	2,5.....	30,3	22,5	7,220	6796
98,75....	1.25...	29,6	24,6	5,558	5232
Bi-commercial.....		30,6	25,2	4,323	4069
Bi-pur.....		33,0	26,0	6,869	6466

a		*t*	*t'*	*d*	*p*
Bi	Sn				
50.....	50.....	28,9	25,7	0,929	+ 875
60.....	40.....	32,1	21,2	1,333	1255
70.....	30.....	32.0	20.0	2,139	2014
80.....	20.....	29.9	23,2	3,109	2926
90.....	10.....	31,5	23,1	4,790	4509
95.....	5.....	31,5	23,1	4,850	4562
97,5.....	2,5.....	30,3	26,7	4,400	4134
98,75....	1.25...	30,0	26,1	3 556	3348
99.25 ...	0,75....	30.6	25,1	1,376	1296
99,62....	0,37....	30,0	23,0	0,044	41

a		*t*	*t'*	*d*	*p*
Sn	Sb				
0.....	100.....	33,0	26,0	3,462	+ 3267
5.....	95.....	29.6	25,7	0,845	793
10.....	90.....	30,0	29,5	0,824	777
20.....	80.....	28,4	27,7	1,496	1408
30.....	70.....	28,0	28,0	1,296	1220
40.....	60.....	28,1	28,2	1,330	1254
50.....	50.....	31,1	23,3	0,652	614
70.....	30.....	31,7	22,4	0,229	216
80	20.....	30,9	19,8	0,113	107
Sb commercial ...		30,0	30,4	2,678	2520

a		*t*	*t'*	*d*	*p*
Cd.....	Bi				
0,25...	99,75...	28,8	26,7	3,266	+ 3801
0,50...	99,50...	29,9	30,7	3,460	4057
1 00...	99.00...	31,7	30,5	2,750	3207
1,25...	98,75...	29,2	27,5	2,710	3160
2,50...	97,50...	31,9	18,8	2,260	2612
5.00...	95,00...	28,7	23,4	1,740	2000
10,00...	90,00...	30,4	23,8	1,202	1401
20.00...	80.00...	31,9	19,8	0,424	495
100,00...	0,00...	29,5	21,1	0,896	345

« L'inspection de ces tables montre que la meilleure combinaison pour former un couple thermoélectrique avec ces alliages, est de prendre pour un élément du couple, du bismuth avec 2 à 5 p. 100 d'antimoine, et pour l'autre élément du bismuth avec 5 à 10 p. 100 d'étain. Ces deux alliages se coulent très facilement en feuilles très minces par la méthode décrite ci-dessus, peuvent être façonnés en fils de 0,03 mm. d'épaisseur et sont suffisamment flexibles pour l'usage.

« Un couple de deux très minces barreaux de bismuth avec 2 p. 100 d'antimoine et de

Digitized by Google

bismuth avec 10 p. 100 d'étain possède les propriétés suivantes :

Moyenne des températures des soudures.	7°3	17°0	22°0	31°5	36°7
Force électromotrice par degré.	11150	11670	12050	12410	12630

« La courbe représentative de ces résultats est sensiblement une ligne droite ; on en déduit $10700 + 41\,t$ pour l'expression de la force électromotrice en unités C. G. S en fonction de la température.

« *Bismuth et sélénium.* — En fondant 0,5 gr. de sélénium et 15 gr. de bismuth on obtient une masse pâteuse qui ne devient fluide qu'au-dessus du rouge. Cet alliage se coule aisément en feuilles ; il est très fragile et se soude avec difficulté. C'est plutôt un mélange qu'un véritable alliage, car si on le refroidit lentement le sélénium se sépare. Plusieurs de ces mélanges ont été étudiés mais leurs forces électromotrices étaient faibles, moindre que la moitié de celle du couple fer-cuivre. »

J. B.

BIBLIOGRAPHIE

Guide pratique d'électricité industrielle, éclairage et transmission électriques, par MM. G. Dumont et G. Baignères, Paul Dupont, éditeur, Paris. Prix 10 fr.

Ce livre, comme le disent les auteurs dans leur avant-propos, n'a nullement l'intention d'ajouter un nouveau traité à tous ceux plus ou moins complets qui existent déjà. Son but est tout simplement de faire acquérir à ses lecteurs, ingénieurs non électriciens, les *connaissances nécessaires mais juste suffisantes* pour faire un avant-projet ou pour examiner les propositions qui leur sont faites.

Je n'ai pas à discuter ici la question de savoir s'il n'est pas plus économique de faire faire ou vérifier ledit avant-projet par des ingénieurs compétents, ingénieurs-conseils en matière d'électricité, qui ne vont pas manquer d'élever la voix contre le traité de MM. Dumont et Baignères, j'ai à m'occuper uniquement de la valeur du livre et cela me sera de beaucoup plus facile.

Donnons d'abord le canevas du traité en cause, comprenant onze parties qui sont les suivantes :

Production de l'électricité (générateurs mécaniques d'électricité, moteurs pour dynamos);

Transformation de l'énergie électrique;

Emmagasinement de l'électricité-accumulateurs;

Appareils d'utilisation pour l'éclairage (lampes à arc, à incandescence, bougies);

Distribution de l'électricité (A. systèmes de distribution des courants continus — B systèmes de distributions des courants alternatifs) ;

Canalisations ;

Appareils accessoirs et mesures;

Etude d'un avant-projet de station centrale d'énergie électrique pour une petite ville;

Exemples de petites stations centrales, conditions d'installation et d'exploitations,

Transport et transmission de l'énergie électrique (généralités, applications);

Documents officiels concernant l'établissement des conducteurs électriques d'éclairage et de transport d'énergie, instructions pour l'exécution des installations, traité, cahiers des charges; le tout précédé d'une explication des termes usités dans le langage technique.

Comme on le voit, les sept premières parties sont employées uniquement à résumer les principes indispensables d'électricité pour l'établissement des projets. Cet ensemble est en somme fort bien traité, les phénomènes y sont expliqués d'une façon suffisamment claire pour le public auquel le livre s'adresse et qui montre bien que l'un des auteurs à fait de l'enseignement.

Toute cette partie théorique, si l'on peut s'exprimer ainsi, est néanmoins bourrée de chiffres qui s'ils n'ont pas toujours une grande

Digitized by Google

exactitude sont néanmoins suffisamment approchés pour les établissements d'avant-projets.

Les auteurs ne perdant jamais le but qu'ils se proposait n'ont pas manqué de donner quelques indications sur les moteurs mécaniques pour dynamos, turbines, moteurs à vapeur, à gaz, à air comprimé..

Les trois dernières parties du livre ne doivent rien aux premières.

L'étude de l'avant-projet de station centrale y est en effet très bien faite. Les différentes solutions possibles y sont bien étudiées et les chiffres de l'ordre de ceux qu'on rencontre dans la pratique. A citer parmi les exemples de stations centrales, celle de Heilbronn alimentée par la station de Lauffen.

Le chapitre afférent au transport et à la transmission de l'énergie est particulièrement développé et comprend des applications aux transmissions, ayant pour but d'actionner à distance des engins fixes ou peu déplaçables (pompes grues, ponts, roulants, etc.), aux transmissions d'ateliers et enfin à la traction électrique.

Cette courte analyse suffit pour montrer tout l'intérêt que présente ce livre, à l'époque actuelle où l'électricité tend à s'introduire partout aussi, je suis persuadé que nos lecteurs me sauront gré de leur avoir signalé son existence, son prix et le nom de son éditeur.

F. GUILBERT.

Electricité pratique (Cours professé à l'Ecole supérieure de maistrance de Brest) par M. Callon, ingénieur de la Marine; Augustin Challamel, éditeur.

Les ouvrages de vulgarisation en matière d'électricité ne manque plus à l'heure actuelle, ils sont légion. Mais parmi eux il n'en existe qu'un très petit nombre ayant une valeur réelle et digne d'être lu par le public auquel il s'adresse.

L'ouvrage de M. Callon, dans la classe particulière des traités s'adressant au personnel de la marine, est un de ceux qui nous paraissent destinés à rendre de grands services. Il n'est guère possible d'expliquer avec plus de clarté que ne le fait l'auteur, les principes les plus élémentaires que doit connaître tout électricien et de résumer en si peu d'espace la description des multiples applications de l'électricité à la marine.

M. Callon, consacre les premiers chapitre de son traité à l'exposé des principes d'électricité et de magnétisme, en prenant comme point de départ la notion de potentiel, au sens physique du mot, c'est-à-dire en le définissant comme l'analogue de la température, puis en expliquant le phénomène du courant par une analogie hydraulique.

Un tel point de départ prédispose immédiatement le lecteur en faveur de l'ouvrage.

L'auteur étudie ensuite successivement les mesures électriques, les piles, les générateurs mécaniques d'électricité. Il donne une description succincte des différents types de dynamos employées dans la marine.

Les accumulateurs ne sont naturellement pas oubliés ainsi que quelques considérations sur leur emploi à bord des navires; viennent ensuite une étude consacrée à l'éclairage électrique en général et une autre à la distribution de l'énergie, puis un chapitre sur quelques applications de l'électricité, comprenant les premiers principes de télégraphie et de téléphonie, et enfin une série de descriptions d'installations électriques existant à bord des navires.

Le livre comprend en outre quelques tableaux donnant les résistance spécifiques des métaux et alliages usuels, les résistances spécifiques des principaux isolants à la température ordinaire, les conducteurs en cuivre employés pratique ment, etc.

L'ouvrage de M. Callon, est en somme très intéressant, et parmi les chapitres qui paraissent les mieux traités, il faut citer ceux qui ont trait à la théorie et à la description des machines dynamo-électriques.

En résumé le livre de M. Callon, tout en s'adressant spécialement au personnel de la

Digitized by Google

marine est suffisammemt développé pour être lu avec fruit par tous ceux qui veulent se mettre un peu au courant des progrès de l'électricité et dans ce sens, nous ne pouvons qu'en conseiller la lecture, certain d'avance qu'on pourra en tirer quelques profits.

F. GUILBERT.

La trazione elettrica (La traction électrique), par M. Giulio Martinez. Urico Hœpli, éditeur, Milan. Prix 7.50.

Il n'est peut-être pas mauvais de rappeler en ce moment au public parisien que si la traction électrique ne fait presque pas de progrès à Paris où on lui voit préférer la traction à air comprimé, il n'en est heureusement pas de même dans les autres puissances de l'Europe, le Nouveau Continent, et même en province.

Le traité de M. Giulio Martinez pourra donc, à défaut d'autre traité du même genre écrit en français, montrer une fois de plus que certaines villes qui tiennent autant à la beauté de leurs rues que les Parisiens, n'hésitent pas à employer les tramways à trolley pour la commodité des déplacements de leurs habitants.

Les tramways à canalisations souterraines déjà anciens de Buda-Pesth et la tentative hardie de M. Claret avec ses tramways de l'exposition de Lyon feront peut-être avant peu changer l'état latent actuel, en attendant, contentons-nous d'analyser le livre en question.

L'auteur fait tout d'abord l'historique de la traction électrique.

L'ossature de son livre est la suivante :

Chapitre Ier. — Transmission électrique de l'énergie mécanique ;
— II. — Transmission de l'énergie dans la traction électrique ;
— III. — La voiture électrique ;
— IV. — Réseaux de distributions ;
— V. — Conducteurs aériens et souterrains ;
— VI. — Stations centrales ;
— VII. — La traction électrique au point de vue économique ;
— VIII. — Traction électrique avec accumulateurs.

Le premier chapitre n'est forcément autre chose que la théorie fortement résumée des dynamos employées soit comme moteurs soit csmme générateurs avec quelques considérations sur la règle de Thomson.

Au chapitre II, l'auteur compare la traction électrique à la traction à vapeur, puis étudie différentes questions mécaniques : adhérence, travail nécesssaire à la traction, etc. et enfin passe en revue les moyens de régulation de la vitessse ainsi que les avantages et inconvénients des moteurs en série et en dérivation.

Le chapitre III contient la description des différents moteurs employés et les procédés de transmission du mouvement aux essieux de la voiture, puis les moyens de prise de courant.

Les chapitres suivants ont trait, comme leur nom l'indique, au calcul des conducteurs et à description des différents systèmes de conduction.

Les derniers chapitres ne présentent rien de particulier.

Le livre est terminé par quelques notes dont l'une donne une liste fort complète des installations de tramways électriques en Europe, liste que la *Lumière électrique* a reproduite il y a quelques mois.

Dans son ensemble, l'ouvrage de M. Martinez est fort bien traité et donne des détails très complets sur la plupart des installations de tramways électriques existantes. Les ingénieurs y trouveront résumés, les nombreux articles de MM. Crosby et Bell dans *The electric Railway* et ceux de notre sympathique collaborateur M. Richard, dans la *Lumière électrique*.

Ce livre est donc une bonne aubaine pour le monde électrique industriel et a sa place toute marquée dans la bibliothèque de chacun.

F. GUILBERT.

Digitized by Google

CORRESPONDANCE

Paris, le 15 octobre 1894.

Monsieur le Directeur,

Ce n'est qu'aujourd'hui que je lis l'article de M. Ch. Jacquin, paru dans votre numéro du 15 septembre sur « l'Electricité à l'Exposition de Lyon ».

Je vous remercie de la bienveillante description que vous faites de l'éclairage électrique de la coupole, mais je dois cependant relever une légère erreur.

En parlant des lampes à arc Eck, montées en série de neuf lampes, M. Jacquin dit : « Les « lampes de chaque couronne sont disposées en « quinconce et chacun des circuits fait le tour de « la coupole en desservant des lampes assez « éloignées l'une de l'autre. » Il ajoute : « avec « cette disposition, l'éclairage de la coupole « reste toujours régulier, même s'il arrive qu'un « circuit se trouve coupé par suite de l'extinction « d'une des neuf lampes en série. »

Votre journal est un organe trop autorisé pour qu'il ne me soit pas très sensible d'y voir ainsi affirmé qu'une série de mes lampes peut être éteinte, tout d'un coup, par suite de l'extinction d'une des lampes du circuit. Permettez-moi de vous exposer que la Compagnie générale de travaux d'éclairage et de force qui exploite mon brevet et construit mes lampes, s'est surtout préoccupée d'assurer l'éclairage régulier malgré les accidents tels que fusion des plombs, de coupe-circuits, rupture des conducteurs, etc., indépendants du fonctionnement des lampes que j'avais garanti absolument sûr : l'expérience a en effet confirmé mon dire.

Les 440 lampes Eck livrées pour l'Exposition de Lyon, ne sont pas destinées à fonctionner en série de plus de deux lampes; car aucune d'elles n'est munie du dériveur automatique qui se trouve dans les lampes fournies pour fonctionner sur les courants de haute tension. On est malheureusement si récalcitrant, en France, à l'emploi de lampes à arc en séries, que c'est exclusivement sur commandes spéciales que le dériveur automatique est placé dans les lampes; il ne pourrait donc être question d'en construire 440 pour en munir les arcs de l'Exposition de Lyon. Nous pouvons remarquer, en passant, que le montage des arcs en séries est cependant le seul rationnel pour les gares, les voies de chemins de fer, les grands chantiers, l'éclairage public, etc., puisqu'il économise une quantité considérable de cuivre-conducteur et cause une importante économie de la force motrice employée (plus de 20 o/o sur le montage des arcs en tension par 2 sur 110 volts et plus de 30 o/o lorsque les arcs sont indépendants sur 70 volts).

Mes lampes à arc ne peuvent cependant pas s'éteindre aussi fortuitement que le laisserait supposer votre article,

Les charbons marchent forcément l'un vers l'autre, il faut donc, pour qu'une extinction se produise, qu'il n'y ait pas de charbons dans la lampe; voilà ce que je vous serais bien reconnaissant de dire à vos lecteurs. Et, lorsque le dériveur automatique est en place, l'extinction d'une lampe n'a aucun effet sur les autres lampes de la même série.

Vous pourriez aussi mentionner que toutes les lampes à arc qui fonctionnent pour l'éclairage de l'Exposition de Lyon soit 2 à 2 sous 110 volts, soit en séries de 9 ou 10 lampes sous 500 volts sont des lampes Eck de 10 ou de 20 ampères.

Je ne pense pas qu'on ait jamais vu des séries de 9 lampes de 20 ampères sur 500 volts; l'Exposition de Lyon aura eu la primeur de cette disposition que peu de constructeurs oseraient adopter et pourtant personne ne l'a signalée ?

Veuillez etc.,

N. Eck.

CHRONIQUE

Nous remarquons dans la liste des récompenses accordées aux exposants de la classe d'électricité à l'Exposition de Lyon les maisons suivantes ayant obtenu des grands prix :

Ateliers de construction d'Œrlikon ; Compagnie de l'Industrie électrique, de Genève; Compagnie des lampes à incandescence Edison-Swan; Société anonyme d'électricité, ancienne maison Schuckert; Société anonyme Bréguet; Georges Averly, de Lyon; Claret et Wuillemier, de Lyon; Grammont, de Pont-de-Chérui (Isère); Hillairet et Huguet; Lombard, Gérin et Cie.

Il a été décerné, en outre, dix médailles d'or,

Digitized by Google

treize médailles d'argent ; sept médailles de bronze et huit mentions honorables.

D'après les dernières nouvelles reçues du Congo français, la mission télégraphique chargée de construire une ligne entre Loango et Brazzaville est paralysée par le manque de bras. On sait que cette mission devait accompagner la colonne du colonel Monteil dans le Haut-Oubanghi. Mais les troupes ayant été rappelées à Grand Bassam pour aider à traquer les agitateurs du pays de Kong, la petite escouade télégraphique est réduite à ses faibles forces. Les journaux quotidiens ont déjà narré l'odyssée de cette malheureuse troupe à son départ de France ! Elle devait emporter 600 kilomètres de fil d'aluminium à fournir par la maison Lefèvre, de Paris. Le chef de la mission, M. Dédebant, dut refuser et laisser à terre une marchandise que la presse de Marseille comparait à du mauvais laiton et qui n'avait de l'aluminium pur que le nom. On nous assure que ce conducteur « de traite » a été remplacé par du métal sérieux. Il aurait été aussi logique que prudent d'essayer en Europe ce genre de fil que l'on ne sait pas encore souder convenablement, avant de faire de la réclame autour d'une tentative mal étudiée, et d'utiliser les fils de bronze silicieux ou phosphoreux qui ont donné toute satisfaction à l'administration française des télégraphes, au lieu de recourir à des fournitures de pacotille et à des ligatures par torsades (modèle de 1850) qui seront envahies par la buée tiède permanente, propre aux contrées traversées, et qui offriront des résistances extraordinaires dans un pays où la surveillance des lignes et le relèvement des dérangements sont presque illusoires.

Nous apprenons d'autre part, qu'une seconde mission télégraphique vient d'être formée sous la direction de M. Escande pour l'établissement d'une ligne au Dahomey. Nous constatons avec plaisir cette tendance de l'administration à multiplier, sans trop de frais ni de fracas, les voies de communication dans les pays soumis à la domination française.

Lors de l'apparition d'une circulaire récente du directeur général des postes et télégraphes au sujet de la remise des télégrammes portant des adresses plus ou moins complètes, le public a crié à la persécution et des plaintes nous sont parvenues à propos de la taxation injustifiée, disait-on, de certaines expressions commerciales telles que caf, cif, fob. Les négociants trouvaient excessif que ces syllabes ne fussent pas comptées pour un seul mot. L'administration des postes et télégraphes se base pour rejeter ces expressions sur deux motifs : le premier est que ces mots ne font partie d'aucune des langues admises ; le second c'est que chaque groupe est la fusion de 3 mots ayant un sens très net mais dénaturés en vue d'économiser par fraude 2 mots sur 3, d'où une perte sèche pour le Trésor. CAF signifie en effet : cout assurance frêt ; CIF, cost insurance freight ; et FOB, freight on board. L'administration estime avec raison que l'emploi du langage *nègre* que l'on utilise couramment dans les télégrammes, offre assez de sources d'erreurs pour que l'on n'y ajoute pas, sous tarif réduit, des combinaisons de pure convention augmentant encore les chances d'altération. Nous nous faisons un devoir d'enregistrer ces renseignements après nous être faits l'écho des réclamants.

Des essais viennent d'être faits par la Compagnie des tramways de Berlin avec des voitures à accumulateurs. Les accumulateurs fournis par la fabrique de Hagen, comportent 88 éléments pesant chacun 32 kilogrammes ; le poids total de la batterie est donc de 2800 kilogrammes. Chaque élément contient 21 électrodes. Ces accumulateurs sont logés sous les banquettes de la voiture. Pour les charger, on ouvre les panneaux latéraux de la voiture, et on fait rouler les batteries sur des rails jusqu'aux prises de courant. La charge s'effectue en 2 heures et demie.

Chaque voiture offre 31 places, et peut fournir avec une charge des batteries quatre heures de parcours. Les règlements de police ne permettent pas de dépasser une vitesse de douze kilomètres à l'heure.

Les essais ont donné des résultats satisfaisants, le démarrage ainsi que l'arrêt se font sans secousse. Outre le frein ordinaire, un frein électrique peut être mis en action en cas de besoin.

Ces voitures, au nombre de trois, seront probablement mises en service régulier pour la sai-

Digitized by Google

son d'hiver. Deux des voitures marchent, pendant que la troisième est à la station de charge.

Le plus commutateur qui ait été construit, est peut-être celui fourni récemment à l'Electric Traction Company, de Philadelphie. Ce commutateur, du modèle dit « Ajax » est construit pour un circuit conduisant 7000 ampères sous 500 volts. A l'exception de la base et des supports, toutes les pièces de cet appareil sont en cuivre pur. L'espace occupé sur le tableau de distribution est de 35 sur 32 centimètres.

Un nouvelle application du trolley a été récemment faite à Hoboken, suivant l'*Electrical Engineer*, de New-York. Une maison devait être déplacée et l'on avait à traverser la voie du tramway électrique. On dut couper les fils et suspendre la circulation ; pour gagner du temps, la corde d'un palan amarré à la maison fut attachée à la voiture électrique, qui traîna la lourde construction par-dessus les rails. L'occupation entière n'a occupé que quelques minutes.

Le *Journal des applications électriques* décrit comme suit une disposition d'accumulateur indiquée par M. A. Tauleigne.

Dans une caisse en bois, vernie à la gomme laque, sont disposés un certain nombre de vases poreux ordinaires, contenant une lame de charbon, munie à son sommet d'une borne de cuivre; ces vases sont remplis de chlorure de plomb, fortement tassé autour de la lame en charbon, afin d'avoir avec elle un contact intime. Autour de chaque vase poreux est placé un cylindre de charbon formant électrode positive et communiquant avec tous les autres par une plaque de charbon qui garnit le fond de la caisse. Toutes les lames négatives sont également réunies par des connexions en cuivre. Enfin on remplit l'élément ainsi disposé d'une dissolution de protochlorure de fer à 60 o/o, et il se trouve tout prêt à recevoir la charge.

La force électromotrice théorique est de 1,4 volt. En pratique, l'accumulateur se comporte d'une façon très satisfaisante. La charge se fait régulièrement et sans dégagement de gaz, malgré l'intensité considérable que l'on peut donner au courant. La capacité utilisable est bien supérieure à celle des types actuels. On a obtenu 50 ampères-heures par kilogramme de matières actives.

A la décharge, tout se passe également bien et un court circuit de plusieurs heures n'amène aucune de ces altérations que l'on redoute à juste titre, dans les plaques des éléments Planté.

L'*Electrician*, de Londres, nous apprend qu'un double accident mortel dû à l'électricité, s'est produit à Boston. Un homme qui nettoyait une lampe électrique au sommet d'un poteau très haut reçut une secousse et fut tué. Son cadavre resta suspendu aux fils pendant une demi-heure. Lorsque des hommes voulurent le descendre, l'un d'eux fut, en le touchant, projeté sur le pavé par la secousse, et mourut peu de temps après sa chute.

Il paraît que dans le dernier acte d'un mélodrame récemment représenté à New-York, un personnage de la pièce saute par une fenêtre et s'accroche aux fils d'un circuit à haute tension ; il est foudroyé par le courant et, détail réaliste, son cadavre se carbonise.

The Electrician donne les résultats de quelques essais faits sur la durée de combustion et les autres conditions des charbons à arc « Union » et de quelques charbons américains.

Tous les charbons avaient 11 millimètres de diamètre et ont tous été brûlés dans la même lampe. La durée la plus longue obtenue avec un charbon positif à mèche, a été de 18 heures 53 minutes, l'intensité lumineuse horizontale étant de 159 bougies et la consommation de 361 watts; la durée la plus courte, 9 heures 14 minutes a été celle d'un charbon positif homogène donnant une intensité horizontale de 359 bougies et une consommation de 445 watts.

Un financier de Saint-Paul (Minnesotta) s'est fait construire un petit chemin de fer électrique allant de la gare la plus voisine à sa propriété. Le train

Digitized by Google

se compose d'une voiture motrice et de deux wagons de 1 m. 50, de longueur et 70 cm. de largeur; la voie est à l'écartement de 35 centimètres. Le courant est amené par un troisième rail. La station centrale est composée d'un moteur à pétrole de deux chevaux et d'une dynamo de même puissance. La ligne ne comporte que deux courtes rampes de 10 et de 16 o/o; sa longueur totale est de 170 mètres seulement. Le train peut transporter six personnes.

Un cheval ayant été tué par un choc électrique dans une rue de Bournemouth, le Board of Trade fit rechercher la cause de cet accident. Les inspecteurs trouvèrent un défaut dans un des câbles à 2000 volts alternatifs enfouis à 50 centimètres sous terre. Le conducteur était en contact avec le tuyau de fer formant l'enveloppe extérieure qui se termine à une boîte de jonction en maçonnerie. Le sol était chargé des deux côtés de la boîte de jonction, de telle sorte qu'entre les pieds de devant et ceux de derrière du cheval une différence de potentiel suffisante pour tuer le cheval avait pu s'établir.

A ce propos un correspondant de l'*Electrical World* rappelle les curieux faits observés par le major Cardew, qui a trouvé que dans certaines conditions il pouvait s'établir entre deux points du sol distants seulement de 1 à 1,5 mètre une différence de potentiel équivalant à 25 o/o de la tension totale dans les conducteurs souterrains. En faisant creuser une tranchée, il a remarqué aussi l'absence complète des vers de terre dans le voisinage immédiat des conducteurs, tandis que de 1 à 3 mètres de distance, les vers grouillaient et, fait curieux, en arrivant à la surface du sol, ils disposaient leurs corps parallèlement aux conducteurs, c'est-à-dire dans le sens des lignes équipotentielles.

La Société philomatique de Bordeaux organise pour l'année 1895 une Exposition universelle et nternationale, qui comprendra un groupe réservé à l'électricité. Le groupe 32 est en effet consacré aux classes suivantes :

Etude de l'électricité et du magnétisme;
Production industrielle de l'énergie électrique;
Eclairage électrique;
Transport électrique de l'énergie, traction électrique;
Electrométallurgie et électrochimie;
Télégraphie, téléphonie, signaux;
Electricité médicale;
Applications diverses.

Pour les renseignements, s'adresser à la Société philomatique de Bordeaux, 2, Cours du 30 Juillet.

Rappelons que le Midi a vu naître depuis quelques années de nombreuses entreprises d'électricité et que dans la riche région du Bordelais, nos électriciens ont grande chance de trouver des installations à établir.

D'après l'*Electrical Engineer*, de New-York, la villle de Saint-Louis transporte les blessés à l'hôpital dans une voiture électrique aménagée en ambulance. Cette voiture doit se rendre dans tous les quartiers de la ville, et peut se déplacer a la vitesse moyenne de 20 kilomètres à l'heure.

Pour estimer la quantité d'eau fournie à chaque turbine, la Niagara Falls Power Company a commencé par mesurer directement la décharge de cette turbine sous une certaine ouverture des valves et sous une hauteur de chute connue; il suffit ensuite d'enregistrer quotidiennement ces deux valeurs pour connaître la quantité d'eau fournie. La turbine est ainsi utilisée comme compteur.

Il vient de se fonder en Allemagne une nouvelle compagnie d'entreprises électriques au capital de 18,750,000 francs, sous la raison sociale de : « Gesellschaf für Elektrische Unternehmungen. »

La Compagnie générale pour l'éclairage électrique de Rome présentera sous peu un projet pour l'éclairage électrique de la ville entière.

En vue de cette éventualité la Compagnie des tramways se propose de substituer sur ses lignes la traction électrique à la traction animale.

Le Gérant: L. DENNERY.

Imprimerie ALCAN-LEVY, 24, rue Chauchat, Paris

Digitized by Google

1re Année Samedi 3 Novembre 1894 N° 8

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITE

3, RUE RACINE, PARIS

Directeur P. H. LEDEBOER, Docteur ès-sciences

SOMMAIRE. — Pupillométrie et photométrie, Ch. Henry. — L'électricité à l'Exposition de Lyon, Ch. Jacquin. — Extraction de l'or par le cyanure, E. Andréoli. — Extraits de la presse industrielle. Communications. — Quelques avantages des courants alternatifs, par S.-P. Thompson. — Sur les courbes de la force électromotrice et du courant des différents types d'alternateurs et leur influence sur la puissance lumineuse des lampes à arc, par C. Roessler et Wedding. — Le nouveau câble transatlantique de l'Anglo-American Telegraph Cie, par A. Dearlove. — Téléphone de la Western Electric C°. — Paratoudre Gibboney. — Pile portative Hoggson. — Ampéremètre Reed. — Ampéremètre Knowles. — Sur le transmetteur automatique des ordres de route, par M. H. Bersier. — Revue des sociétés savantes et des travaux scientifiques, par MM. J. Blondin et C. Raveau. — Société Française de Physique, séance du 2 novembre 1894. — Remarques sur les limites de l'électrolyse, par M. Berthelot. — Sur les forces électromotrices thermoélectriques, entre deux électrolytes et le transport électrique de la chaleur dans les électrolytes, par M. Henri Bagard. — Sur quelques recherches avec les courants de Tesla, par F. Himstedt. — Chronique.

PUPILLOMÉTRIE ET PHOTOMÉTRIE (1)

LOIS NOUVELLES DE LA CONTRACTION PUPILLAIRE

Nous avons entrepris deux séries d'expériences : nous avons d'abord répété les expériences de Lambert en nous plaçant dans les mêmes conditions que lui; puis nous avons poursuivi des recherches nouvelles :

1° En faisant varier l'éclat de l'image rétinienne, mais en conservant constante la surface de l'image;

2° En faisant varier la surface, mais en conservant constant l'éclat de cette image.

Dans ces deux derniers cas nous mesurions notre pupille simultanément en regardant à travers les trous du pupillomètre les différents objets lumineux.

Dans la première série d'expériences nous mesurions notre pupille après avoir considéré un cercle lumineux de 8 centimètres de diamètre découpé dans un carton fixé contre la vitre rouge de notre chambre noire.

Lambert mesurait l'image de sa pupille dans un miroir; nous employions le pupillomètre de Robert-Houdin.

On a évalué à près d'une seconde le temps au bout duquel la contraction pupillaire atteint son maximum; mais cette durée est dépassée souvent, surtout quand il s'agit de dilatation. Cette lenteur relative avec laquelle la pupille se modifie permet d'attribuer à ce procédé de mesure successif plus de confiance qu'on ne serait disposé à lui en concéder *a priori*.

A. *Expériences dans lesquelles l'éclat et la surface de l'image rétinienne varient simultanément.*

Nous nous sommes placé successivement aux distances 0,50 m., 1 m., 1,50 m. et 2 m. de l'ouverture circulaire.

Voici les résultats de ces expériences : x est le diamètre de la pupille, x^2 est proportionnel à sa surface, a^2 est proportionnel à la surface de l'iris, η^2 est proportionnel à l'aire de l'image rétinienne. Nous avons adopté, comme Lambert, pour le diamètre de l'iris, la valeur

(1) Leçons professées à l'École pratique des Hautes Études. (Voir *La Lumière Électrique*, t. LII, p. 614). Je dois adresser mes vifs remerciements à ceux de mes auditeurs qui ont bien voulu m'assister dans ces expériences, en particulier à MM. Fauquet et Meunier, étudiants en médecine.

Digitized by Google

4,70 lignes = 10,6 mm.; z est l'éclat de l'image rétinienne $= \frac{Q}{\eta^2}$, Q étant la quantité de lumière qui tombe sur la rétine; mais p étant la distance, O la surface de l'objet, on a $Q = \frac{K}{p^2} x^2$ et $\eta^2 = O \frac{\overline{15}^2}{p^2}$; donc $z = K' x^2$, en posant $K' = \frac{K}{\overline{0,15}^2}$; si on fait $K' = 1$, comme Lambert, l'éclat du ciel étant supposé constant, on a $z = x^2$.

p	x obs.	x corr.	x^2 corr.	x^2 obs.	$a^2 - x^2$ corr.	η^2	$\frac{a^2 - x^2}{\eta^2}$
m.							
0,50	5 5	4 81	23,136	30,25	89,23	0,072	124
1	6,35	5,55	30,80	40,32	81,56	0,018	453
1,50	6,75	5,9	34,81	45,56	77,55	0,008	969
2	7,3	6,38	40,70	53,29	71,66	0,0045	1590

Mais cet x^2 n'est pas le carré du diamètre corrigé, c'est-à-dire le carré du produit du

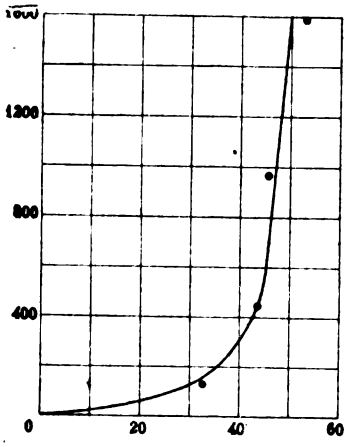


Fig. 1. — Variations de la part contributive moyenne de chaque élément à la contraction pupillaire suivant les variations simultanées de l'éclairage et de la surface rétinienne.

diamètre observé par 7/8 = 0,875. Tous les pupillomètres, aussi bien les pupillomètres optiques, comme le miroir de Lambert, que les pupillomètres entoptiques, l'observation directe comme la photographie nous donnent l'image de la pupille vue à travers l'humeur aqueuse, c'est-à-dire grossie de 1/7. Quand on veut obtenir le diamètre vrai de la pupille, la correction précédente s'impose; Lambert ne pouvait la faire, dans l'ignorance où l'on était de son temps des constantes optiques de l'œil. Mais *quand on veut mesurer l'éclairement de la rétine, c'est le x^2 observé qu'il faut prendre*, comme Lambert l'a fait et comme on le fait, sans approfondir la question, dans tous les calculs d'optique physique.

En effet, cette quantité de lumière est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la section utile du faisceau incident, c'est-à-dire à celle qui pourra après réfraction traverser l'iris. Ce faisceau lumineux, cylindrique dans l'air, devient conique après réfraction et s'appuie sur les bords de la pupille; mais, en vertu d'un principe déjà énoncé, lorsque le rayon réfracté passe par un point, le rayon incident passe par l'image de ce point; donc le faisceau incident prolongé passera par les bords de l'image de l'iris donnée par l'humeur aqueuse : c'est donc cette image qu'il faut prendre dans la mesure de la quantité de lumière qui tombe sur la rétine.

Nous avons en conséquence porté sur l'abscisse dans la courbe ci-contre (fig. 1) les x^2 observés $= z$ et en ordonnées les

$$\xi = \frac{a^2 - x^2}{\eta^2},$$

les x^2 étant corrigés.

On voit que dans nos expériences les ξ croissent sensiblement plus vite avec z que dans les expériences de Lambert.

B. *Expériences dans lesquelles un seul des facteurs varie.*

a) La surface de l'image rétinienne est constante, l'éclat est variable. — Pour assurer la constance de l'image rétinienne, nous avons adapté au pupillomètre de Robert Houdin un tube de 150 millimètres de longueur et de 35 millimètres de diamètre : nous avons fixé à l'extrémité de ce tube un verre dépoli de même diamètre et nous avons mesuré notre pupille simultanément en nous plaçant à des distances de plus en plus grandes d'une ouverture de 100 millimètres de diamètre découpée dans le volet. La distance la plus petite à laquelle nous

Digitized by Google

avons opéré étant assez petite (100 millimètres) et la source de lumière ayant un diamètre relativement considérable, nous avons appliqué pour le calcul des différentes valeurs de z la formule

$$Q = \pi\omega I \frac{R}{R^2 + d^2}$$

établie § 12 (1); dans ces cas, la loi de la raison inverse du carré de la distance n'est plus applicable. Nous reviendrons dans un instant sur l'expression exacte de z : dans le tableau suivant nous prenons pour unité l'éclat = 100, de l'image rétinienne à 100 millimètres : pour simplifier les calculs numériques, nous considérons, au lieu des surfaces, les carrés des

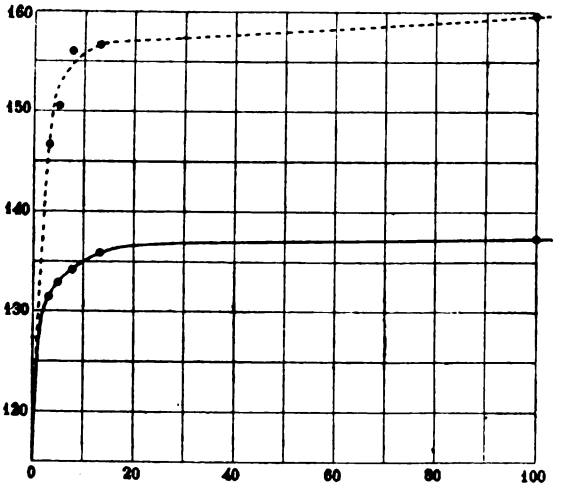


Fig. 2. — Variations de la part contributive moyenne de chaque élement rétinien à la contraction pupillaire (ordonnées) suivant les différentes valeurs de l'éclat de l'image.

diamètres; les valeurs exactes de ξ sont donc plus petites dans le rapport constant $\frac{\pi}{4}$.

z	x obs.	x corr.	x^2 corr.	$a^2 - x^2$
100	6,5	5,68	32,26	136,74
13,5	6,6	5,77	33,29	135,71
7,69	6,75	5,9	34,81	134,19
4,95	6,9	6,03	36,36	132,64
3,44	7	6,12	37,45	131,55

Ces variations de $a^2 - x^2$ suivant z sont exprimées par la courbe inférieure (fig. 2) : on voit que ξ croît d'abord très vite, puis moins vite, et enfin très lentement avec z.

(1) *La Lumière Électrique*, t. LII, p. 618.

Un autre observateur a présenté des résultats encore plus nets dans ce sens :

z	x obs.	x corr.	x^2 corr.	$a^2 - x^2$
100	3,5	3,06	9,36	159,64
13,5	4	3,5	12,25	156,75
7,69	4,1	3,6	12,96	156,04
4,95	4,9	4,28	18,32	150,68
3,44	5,35	4,7	22,09	146,91

La courbe de ces observations est la courbe supérieure de la figure 2.

Pour a j'ai accepté la valeur 13 millimètres donnée par les anatomistes. Avec des instillations d'atropine on peut obtenir des pupilles de 8 et 9 millimètres : on peut concevoir des états pathologiques dans lesquels l'anneau de l'iris serait réduit à une surface imperceptible, de même qu'il existe des cas où la contraction est telle que la pupille disparaît.

Pour obtenir les valeurs de ξ dans ces expériences, il faut diviser chacune des valeurs de $a^2 - x^2$ du tableau par la surface constante de l'image rétinienne

$$\eta^2 = 2\sigma = \pi r^2 - \frac{2}{3}\frac{r^3}{\rho} + \frac{1}{24}\frac{r^5}{\rho^3}$$ (1),

(1) Il s'est glissé des fautes typographiques, d'ailleurs peu importantes (*La Lumière Électrique*, t. LII, p. 617 et 618), dans le calcul de 2σ. Il faut substituer partout ρ à R ; lire ligne 9 en remontant p. 617 :

$$\theta = \frac{r^3}{\rho} - 2\rho^2\frac{r}{\rho} + 2\rho^2\frac{r}{\rho}\left(1 - \frac{r^2}{8\rho^2}\right),$$

et à la dernière ligne

$$\sin\frac{u}{2} = \frac{u}{2} - \frac{1}{6}\left(\frac{u^3}{2}\right).$$

Page 618, ligne 4, il faut :

$$\sin\frac{u}{2} = \frac{u}{2} - \frac{\sin^3\frac{u}{2}}{6}.$$

Il faut substituer aux derniers alinéas du § 11, p. 618, ces lignes : « Reportant cette valeur de u dans l'expression de

$$\theta = r^2 u - 2\rho^2 u + 2\rho^2 \sin u.$$

on trouve

$$\theta = \frac{2}{3}\frac{r^3}{\rho} + \frac{1}{24}\frac{r^5}{\rho^3}.$$

« Une vérification facile prouve que le terme complémentaire $\frac{1}{24}\frac{r^5}{\rho^3}$ n'atteint guère dans les conditions ordinaires que la valeur 1/100. »

Enfin, dans la figure 2 de la page 617, le cercle de diffusion supérieur doit être évidemment égal au cercle inférieur.

Digitized by Google

r étant le rayon de l'image, ρ le rayon du cercle de diffusion.

Dans l'œil réduit, lorsque l'objet est au foyer antérieur de l'œil, le rayon du cercle de diffusion est rigoureusement égal comme on l'a vu, au rayon de la pupille. Il est utile de savoir ce que devient cette égalité dans l'œil schématique.

Soit ω (fig. 3) le trou du pupillomètre, S la surface sphérique limitant l'humeur aqueuse, S', S'' les deux surfaces du cristallin, ii la pupille vraie, $i'i'$ l'image de i fournie par l'humeur aqueuse, $i''i''$ l'image de ii fournie par la seconde face du cristallin : puisque les cercles de diffusion des deux trous sont tangents, leur point de contact est au foyer postérieur sur la rétine en F; donc le rayon émis par ω, qui affleure le bord extrême de la pupille ira se réfracter en F.

Comme ω est au foyer antérieur de l'œil, le rayon qui va affleurer l'autre bord de la pupille doit aller à l'infini; donc il sera parallèle au dernier trajet S''F du premier rayon et prendra la direction S''A; les prolongements des rayons S''A, S''F passent par les bords $i''i''$; donc le diamètre du cercle de diffusion dans l'œil schématique est égal au diamètre de l'image de la pupille donnée par le cristallin.

Mais cette image est grossie d'environ $\frac{1}{18}$, c'est-à-dire qu'elle est égale aux $\frac{19}{18}$ de la pupille vraie : donc pour avoir la pupille vraie il faut multiplier cette image par $\frac{18}{19} = 0{,}94$. Le diamètre de l'image de la pupille fournie par l'humeur aqueuse, c'est-à-dire le diamètre observé sur les pupillomètres, est 1,08 plus grand que le diamètre du cercle de diffusion

$$\left(\frac{8}{7} : \frac{19}{18} = \frac{144}{133} = 1{,}08\right);$$

donc, pour avoir le rayon du cercle de diffusion, il faut diviser par 1,08 la moitié du diamètre observé sur les pupillomètres.

Pour calculer ρ dans l'expression de la surface de l'image rétinienne constante des expériences précédentes, j'ai pris le diamètre moyen de la pupille 6,75 : on obtient $\rho = 3{,}13$: d'où $2\sigma = 6{,}674$, en négligeant le terme

$$\frac{1}{24}\frac{r^4}{\rho^3},$$

et ξ maximum $= 20{,}5$.

b) *L'éclat de l'image rétinienne est constant, la surface est variable.* — J'ai exécuté les expériences sur mon œil droit en me plaçant successivement à 330, 495, 660, 825 millimètres de l'objet et en regardant à travers l'un des trous du pupillomètre des ouvertures circulaires de 100, 80, 40, 35 millimètres de diamètre.

A toutes ces distances on peut considérer z comme sensiblement constant, et comme négligeable la correction qu'il conviendrait d'introduire si l'on opérait à des distances plus petites (§ 10).

p	R	x obs.	x corr.	x^0 corr.	$a^2 - x^2$	ρ	2σ	ξ
330	50	6,7	5,86	34,33	134,67	3,11	13,77	9,76
495	50	6,75	5,99	34,8	134,2	3,13	6,42	20,9
—	40	6,5	5,68	32,26	136,74	3,01	4 19	32,6
—	30	6,9	6,03	36,36	132,64	3,19	2,438	54,4
—	20	7	6,12	37,45	131,55	3,24	1,106	119
—	17,5	7,2	6,3	39,7	129,3	3,33	0,879	147
660	50	7	6,12	37,45	131,55	3,24	3,528	37,3
—	40	6,9	6,03	37,36	132,64	3,19	2,289	58
—	30	7,25	6,34	40,19	128,81	3,35	1,309	99
—	20	7,30	6,38	40,70	128,3	3,38	0,590	218
—	17,5	7,7	6,73	45,29	123,7	3,56	0,463	267
855	50	7,1	6,21	38,56	130,44	3,28	2,422	53,9
—	40	7,1	6,21	38,56	130,44	3,28	1,569	82,9
—	20	7,4	6,47	41,86	127,14	3,42	0,410	310
—	17,5	7,6	6,65	44,22	124,78	3,52	0,317	394

Si nous reportons en abscisses les valeurs de 2σ et en ordonnées les ξ correspondants, nous obtenons la courbe figure 4, qui est une hyperbole équilatère : $2\sigma\xi = K$.

Digitized by Google

De ces expériences résultent ces lois :

I. *La part contributive moyenne de chaque élément rétinien à la contraction pupillaire augmente, d'abord très vite, puis très lentement, quand l'éclat rétinien d'une même image augmente.*

II. — *Cette part contributive varie en raison inverse de la surface impressionnée* : autrement dit, les éléments rétiniens sont d'autant plus constricteurs qu'ils sont plus centraux. Les éléments les plus constricteurs sont en même temps les moins sensibles à l'intensité lumineuse puisque le maximum de sensibilité lumineuse est à la périphérie.

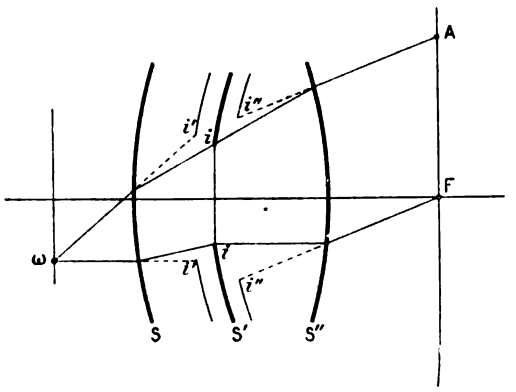


Fig. 3.

Parmi les éléments périphériques il y a lieu de distinguer la part contributive des éléments rétiniens dans les différents méridiens. Voici les résultats d'expériences sur les variations du diamètre de la pupille suivant qu'on place les deux trous du pupillomètre de Robert-Houdin sur un diamètre vertical, oblique incliné à droite, oblique incliné à gauche, ou horizontal.

Sujets.	Vertical.	Obl. incl. à dr.	Obl. incl à g.	Horizontal.
M	5,5	5,5	5,5	6,20
H	5	5,6	5,6	7
»	5,5	5,6	5,6	6
A	7,1	7,1	7,1	7,5
»	6,5	6,5	6,5.	6,75

Les éléments horizontaux périphériques sont donc plus dilatateurs que les éléments verticaux; les éléments obliques diffèrent très peu des éléments verticaux.

Toutefois, il n'y a pas réciprocité exacte entre la sensibilité et la motricité des éléments rétiniens dans les différentes zones. M. A. Charpentier explore la sensibilité des différentes régions de la rétine en recherchant pour chaque point excité le minimum perceptible. On maintient immobile sur l'appui du périmètre la tête du sujet ; l'œil, au centre de l'arc, fixe un point déterminé de la surface interne du périmètre ; on marque ce point par un signe

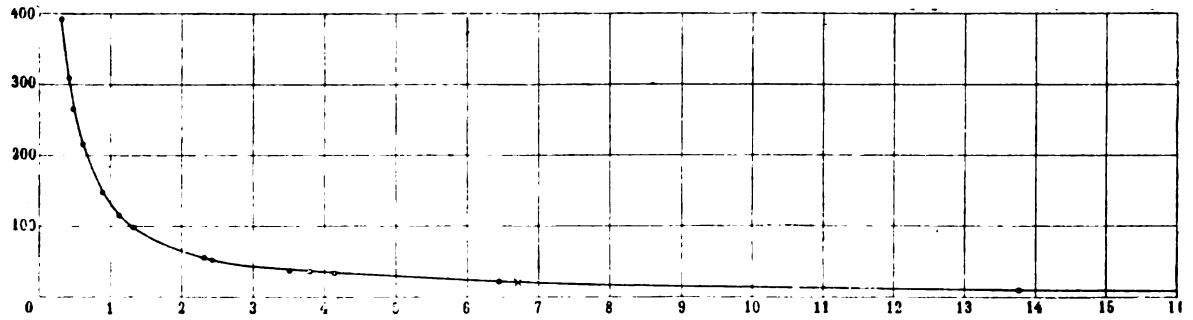


Fig. 4.— Variations de la part contributive de chaque élément rétinien à la contraction pupillaire (ordonnées), suivant la grandeur de l'image.

quelconque. On place dans la direction du zéro de la graduation le photoptomètre privé de son tube oculaire et on ouvre lentement le diaphragme jusqu'à ce que le sujet perçoive la lumière; on fait varier le plus possible les points de fixation de l'œil. Le résultat de ces expériences est que toutes les parties de la rétine, sauf le centre, sont *également* excitables : la région la moins sensible a une superficie très restreinte, elle ne dépasse guère la *fovea centralis*. D'après nos expériences, la part contributive moyenne des éléments réti-

Digitized by Google

niens à la contraction pupillaire décroît, au contraire, régulièrement de la périphérie à la fovea.

La *maculea lutea* ou tache jaune mesure de 2 à 3 millimètres de large sur 1 à 1,5 mm. de haut; le diamètre de la fovea centralis est de 0,4 mm. environ. Les plus petites images rétiniennes considérées dans nos expériences sont de l'ordre de grandeur de la fovea. D'autre part, les images des trous du pupillomètre dans les expériences sur la contribution des différents méridiens de la rétine à la contraction pupillaire tombent en dehors de la macula. Est-il possible de rattacher notre deuxième loi à des particularités anatomiques de la rétine?

On sait que la rétine comprend dix couches régulièrement stratifiées, qui sont, en allant du dedans au dehors : 1° la membrane limitante interne; 2° la couche des fibres nerveuses, continuation du nerf optique; 3° la couche ganglionnaire, formée par de grosses cellules multipolaires, chacune recevant une des fibres de la couche précédente; 4° une première couche de matière finement granuleuse (*plexus cérébral* de Ranvier); 5° la couche interne des granulations; 6° une seconde couche épaisse de matière finalement granuleuse; 7° la couche des cellules visuelles; 8° la membrane limitante externe : 9° la membrane de Jacob ou couche des cônes et des bâtonnets; 10° la couche pigmentaire des cellules hexagonales. On attribue généralement à la couche des cônes et des bâtonnets la sensibilité : les cônes diffèrent, au point de vue chimique, des bâtonnets en ce qu'ils n'ont pas de pourpre rétinien ou d'érythropsine, matière qui se détruit à la lumière et se régénère dans l'obscurité; ils sont environ vingt fois moins nombreux que les bâtonnets et deviennent de plus en plus rares de la fovea, qu'ils tapissent seuls, à la périphérie.

Il y a une autre différentiation anatomique du centre à la périphérie : elle réside dans l'accumulation des cellules ganglionnaires aux bords de la macula et dans leur diminution progressive vers la périphérie.

L'épaisseur de leur couche, qui serait de 0,101 mm. à 0,117 mm. dans la macula, n'est plus que de 0,015 mm. à la distance de 1/2 millimètre en dedans de la papille et de 0,012 mm. à 5 millimètres en dedans. D'autre part il existerait une différence entre la conduction centrale et la conduction périphérique de la rétine : au niveau de la macula, chaque pied de cône n'entrerait en relation qu'avec un panache de bipolaire, tandis qu'ailleurs un plus ou moins grand nombre de groupes cellulaires en contact entrerait en jeu à chaque excitation.

La part moyenne contributive plus grande des éléments centraux à la contraction pupillaire doit-elle s'expliquer par un rôle constricteut des cônes, dilatateur des bâtonnets ou par une rareté plus grande des cellules ganglionnaires à la périphérie, ou par ces causes réunies? Il est impossible actuellement de rien affirmer.

III. — *L'ouverture pupillaire diminue quand l'éclat rétinien augmente; par là même, la surface impressionnée de la rétine diminue; mais quand cette surface diminue, l'ouverture pupillaire tend à augmenter.*

On retrouve donc dans la contraction pupillaire un de ces mécanismes régulateurs dont on constate l'existence dans d'autres domaines du système nerveux et qui tendent à protéger l'organisme contre toutes les causes qui en modifieraient profondément l état.

Un animal plongé dans un milieu frigorifique produit de la chaleur qui élève sa température. Un être vivant soumis pendant un certain temps à des excitations qui accroissent la puissance de ses réactions motrices se fatigue et les mêmes excitations précédemment *dynamogènes* deviennes *inhibitoires*. C'est le *principe du renversement* sur lequel j'ai insisté dans d'autres occasions et qui est fondamental en physiologie.

Tous ces faits sont des cas particuliers de la loi de stabilité universelle qu'on déduit du principe de Carnot et dont l'importance apparaît dans les lois des équilibres chimiques, en

Digitized by Google

thermodynamique, en électrodynamique, etc.; confirmant les résultats précédemment exposés.

pour l'instant, nous ne possédons sur les problèmes qui nous occupent, que des indications en quelque sorte cinématiques ; lorsqu'on pourra introduire des données dynamiques en pupillométrie, tous ces problèmes seront accessibles aux méthodes de la thermodynamique.

L'éclat du ciel n'étant que rarement constant pendant le temps nécessaire à ces expériences, j'ai dû construire un petit appareil qui assurât un éclairage constant et permît de faire varier commodément z et η^2. C'est une simple lanterne (fig. 5) à l'intérieur de laquelle est une source d'intensité constante; la porte peut recevoir un nombre variable de verres dépolis, de pouvoir absorbant déterminé, et qu'on peut obturer par des cartons percés d'ouvertures de diamètre variable. La lecture pupillométrique se fait commodément après chaque expérience en ouvrant la porte de la lanterne. Dans les expériences entreprises avec cet appareil, les cercles considérés avaient des diamètres de 15, 20 et 25 millimètres ; les z obtenus par les verres dépolis étaient 1,0,255 et 0,0687 : on considérait les cercles en question aux distances de 25, 50 et 75 centimètres. Les chiffres obtenus

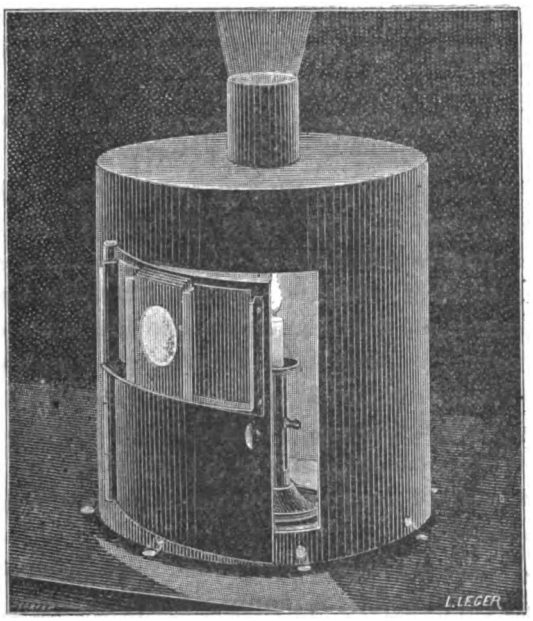


Fig. 5. — Lanterne servant aux expériences pupillométriques.

Il nous reste à déterminer la relation entre l'éclat rétinien constant z' de la deuxième série d'expériences où nous avons fait varier la surface η^2 et l'éclat rétinien maximum z de la série d'expériences où nous avons considéré une surface constante avec un éclat variable.

En appelant ω' la surface de l'écran diffuseur placé à l'extrémité du tube que nous avons adapté au pupillomètre, I l'éclat du ciel à cet instant, R le rayon de l'ouverture circulaire découpée dans le volet = 50 mm., d la distance de cette ouverture à l'écran diffuseur, on a pour la quantité de lumière Q qui tombe sur cet écran (§ 12) :

$$Q = \omega' I \frac{\pi R^2}{R^2 + d^2} ;$$

Si on appelle I_1 l'éclat de l'écran diffuseur, α la proportion de la lumière transmise à travers cet écran et égale sensiblement à 0,5, on a

$$I_1 = \alpha \frac{I \pi R^2}{R^2 + d^2}.$$

Pour la quantité de lumière y qui tombe sur la rétine, ω étant toujours sur la surface d'un trou du pupillomètre, d' étant la longueur du tube = 150 mm. qui sépare l'écran d'avec le pupillomètre, on peut poser :

$$y = 2 I_1 \omega \frac{\frac{\omega'}{2}}{R'^2 + d'^2},$$

en identifiant avec un demi-cercle la lunule vue à travers chaque trou, approximation permise.

Mais on a toujours

$$\frac{2\sigma}{\omega'} = \frac{15^2}{170^2} \qquad \text{et} \qquad z = \frac{y}{2\sigma};$$

donc

$$z = \frac{2 I_1 \omega \frac{\frac{\omega'^2}{2}}{R'^2 + 150^2}}{\omega' \frac{15^2}{170^2}} = I_1 \frac{\omega}{15} \frac{170^2}{R'^2 + 150^2}$$

$$= \alpha \frac{I \pi R^2}{R^2 + d^2} \frac{\omega}{15} \frac{170^2}{R'^2 + 150^2}. \qquad (1)$$

Pour l'éclat rétinien constant dans la série

Digitized by Google

d'expériences où on a fait varier η^2, on a simplement :

$$z' = \frac{I\omega}{15}; \qquad (2)$$

d'où en faisant les calculs numériques et en remplaçant $\frac{I\omega}{15^2}$ par z' dans l'équation (1) :

$$z = 0{,}796\ z'.$$

Quoique z soit plus petit que z', on peut néanmoins, à cause du caractére asymptotique de la courbe des ξ, z étant variable, avoir un point de la surface que ces courbes déterminent en coupant perpendiculairement les courbes des ξ (les hyperboles), η^2 étant variable. Il est évident, en effet que pour $z = z'$, on aurait un ξ extrêmement peu différent du

$$\xi = \frac{136{,}74}{6{,}67} = 20{,}5$$

obtenu pour $z = 0{,}796\ z'$. Or, l'η^2 constant de

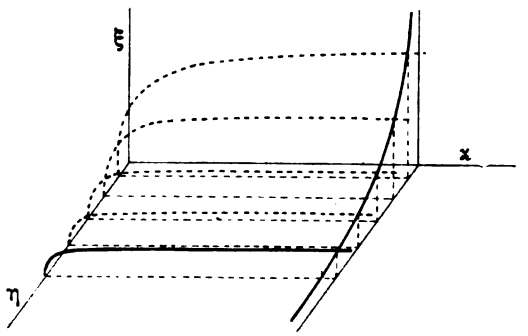


Fig. 6. — Surface représentant les variations de la part contributive moyenne de chaque élément rétinien à la contraction pupillaire (ξ) suivant la grandeur (η^2) et l'éclat (z) de l'image.

ces expériences esi 6,67 ; si nous recherchons quelle valeur de ξ correspond à cette valeur de η^2 variables, nous trouvons $\xi = 20$. La concordance est remarquable. Nous pouvons ainsi nous faire une idée nette de la surface très curieuse engendrée par les intersections des hyperboles obtenues, en faisant varier η^2 avec les exponentielles obtenues en faisant varier z (fig. 6).

On voit combien la question est plus comquée que ne le pensait Lambert. Dans la suite de ces études nous préciserons l'influence d'autres facteurs nouveaux sur la contraction pupillaire.

CHARLES HENRY.

(*A suivre.*)

L'ÉLECTRICITÉ

A L'EXPOSITION DE LYON[1]

Les courants biphasés provenant de la génératrice polymorphe installée sous la coupole par la Société l'*Eclairage électrique* sont envoyés par 3 fils aériens, dans un moteur biphasé *synchrone* de 10 chevaux, installé à 50 mètres de distance et donnant le mouvement aux appareils frigorifiques de la Société de constructions mécaniques spéciales.

Ce moteur est, comme le générateur polymorphe décrit dans notre précédent article, un appareil nouveau et intéressant, car c'est le deuxième moteur synchrone polyphasé construit, en France ; le premier de faible dimensions a figuré l'an dernier à l'exposition du Progrès. Il sortait également des ateliers de la Société l'Eclairage électrique, qui a entrepris en France la fabrication des moteurs de ce genre déjà employés industriellement à l'étranger.

L'appareil exposé par l'Eclairage électrique est plutôt destiné à montrer la construction et le fonctionnement des moteurs synchrones qu'à servir de type industriel, car pour des puissances ne dépassant pas 10 chevaux, les moteurs asynchrones sont beaucoup plus pratiques à cause de leur simplicité. Mais pour de fortes puissances les moteurs synchrones reprennent l'avantage, parce qu'en raison du principe même de leur fonctionnement, ils procurent un rendement supérieur à celui qu'il est possible d'obtenir avec les moteurs asynchrones.

Rappelons qu'un moteur synchrone à cou-

[1] Voyez l'*Eclairage électrique*, 15 29 septembre 13 et 20 octobre 1894.

Digitized by Google

rants polyphasés n'est autre chose qu'un générateur polyphasé dont l'induit reçoit des courants polyphasés au lieu d'en produire ; les électro-aimants inducteurs étant comme primitivement parcourus par des courants continus.

Lorsque l'induit d'un semblable appareil tourne en synchronisme avec la vitesse de variation des courants polyphasés, nous avons vu dans notre précédent article que la rotation du champ tournant constant induit à l'intérieur du champ inducteur fixe et constant produit un couple de sens constant, tant que le synchronisme existe. Mais si la vitesse du moteur s'écarte de celle du synchronisme, le régime de marche devient instable et peut même provoquer l'arrêt par suite de la diminution rapide du couple moteur.

Il en résulte que ces moteurs, pour fonctionner comme appareils synchrones, doivent d'abord être amenés à la vitesse de synchronisme. Ils peuvent néanmoins, grâce à un artifice très simple, démarrer seuls à condition de ne pas être chargés au moment de la mise en route. On laisse le circuit inducteur ouvert et l'on envoie les courants polyphasés dans le circuit induit. Le champ tournant créé dans l'induit par les courants polyphasés donne naissance dans les parties métalliques de l'inducteur, à des courants produisant eux-mêmes un champ magnétique tournant.

Quoique le fer de l'inducteur du moteur Labour soit feuilleté, le champ magnétique qui s'y développe, a une valeur suffisante pour donner avec le champ magnétique de l'induit un couple moteur assez énergique pour amener l'appareil à la vitesse de synchronisme. Pendant cette période le système fonctionne comme moteur asynchrone à champ tournant. Mais aussitôt que la vitesse de synchronisme est atteinte on envoie le courant continu dans les inducteurs et l'appareil fonctionne alors comme moteur synchrone.

On pourrait croire au premier abord que la nécessité d'employer un courant continu pour alimenter le circuit inducteur des moteurs synchrones crée une difficulté d'emploi de ces moteurs. S'il est facile de faire marcher une dynamo supplémentaire à courant continu dans une station centrale où l'on dispose de la force motrice mécanique, il serait difficile d'actionner une génératrice spéciale à courant continu dans une sous-station ou dans un poste d'abonné, c'est-à-dire dans un endroit où l'énergie n'arrive que sous forme de courants électriques polyphasés.

Mais, grâce à la propriété des moteurs synchrones de démarrer avant que le circuit inducteur soit parcouru par un courant continu, la difficulté peut être tournée aisément et de deux manières différentes. Un premier procédé consiste à placer sur l'induit, à côté du circuit à courants polyphasés aboutissant à des bagues pleines, un circuit spécial générateur à courant continu, aboutissant à un commutateur à lames, en utilisant le champ magnétique inducteur du moteur polyphase comme champ inducteur de la génératrice à courant coutinu. On amène d'abord le moteur à la vitesse de synchronisme en laissant le circuit inducteur ouvert. A ce moment le circuit générateur à courant continu, placé sur l'induit, tournant à sa vitesse normale, si l'on relie son collecteur à lames au circuit inducteur du moteur, le système s'amorcera de la même manière que dans une dynamo-shunt ordinaire, en créant dans le circuit induit spécial un courant continu qui alimentera en même temps les inducteurs. C'est la solution adoptée dans les appareils Lahmeyer que nous avons décrits à propos d'un transport de force motrice aux ateliers du Jura Simplon. Nous avons donné à ces machines, que l'on peut considérer comme l'une des combinaisons inverses de la génératrice polyphasées, le nom pratique de transformateur-moteur, mais ces appareils de classification curieuse doivent être dénommés, si l'on veut pousser l'homogénéité stricte jusque dans le langage, des transformateurs polymorphes à fonctions multiples.

Au lieu de réunir la génératrice à courant

Digitized by Google

continu et le moteur synchrone à courants polyphasés en un seul appareil, on peut faire usage des deux machines séparées accouplées sur le même arbre. C'est la disposition employée dans le moteur Labour, représentée sur la fig. 18.

Le bâti annulaire du moteur proprement dit porte 8 pièces polaires radiales en fer feuilleté dont les extrémités viennent se toucher comme dans la génératrice biphasée.

L'induit a la forme d'un tambour plat cannelé, monté sur l'axe et dans les dents duquel sont logées des bobines formant un enteur, type supérieur, de cette génératrice repose sur la plaque de fondation du bâti ; son enroulement est relié en shunt aux balais du collecteur à lames, qui fournit en même temps le courant continu au circuit inducteur du moteur. En regardant sur la figure 18, les faibles dimensions de la génératrice minuscule à courant continu dont la puissance est de 300 watts environ, on voit que l'emploi d'une machine séparée pour la production du courant continu nécessaire à l'excitation du moteur ne complique guère la construction de l'appareil.

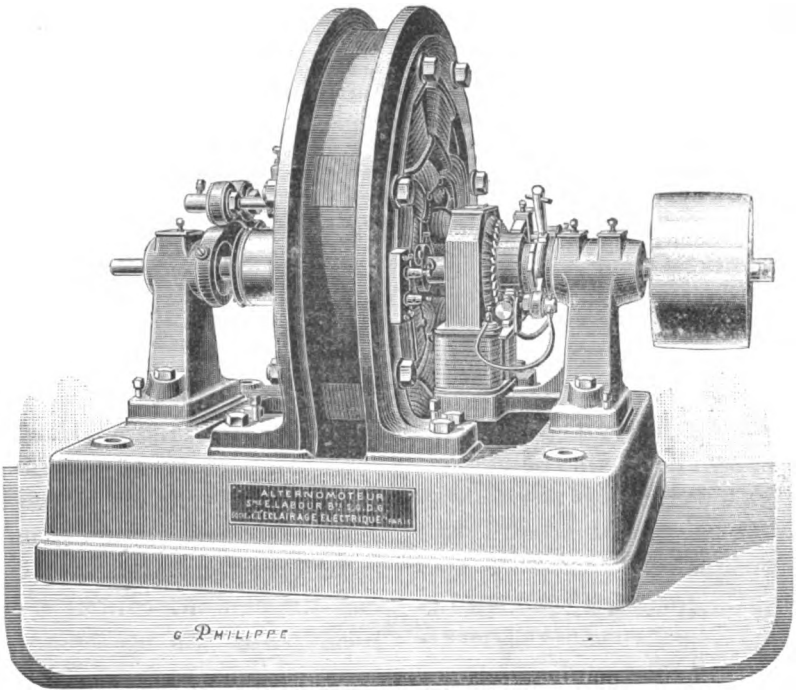


Fig. 18. — Moteur biphasé synchrone de L'Éclairage Électrique.

roulement à courants biphasés relié à 3 bagues pleines. Les 3 balais qui frottent sur les bagues pleines sont fixés sur le palier de gauche de la machine et sont mis en communication avec les 3 fils du circuit biphasé venant du tableau de distribution.

Entre l'induit du moteur et le palier de droite du bâti, est monté sur l'arbre un petit anneau plat à enroulement Gramme et un collecteur à touches constituant l'induit d'une petite génératrice à courant continu. L'induc-

Les moteurs synchrones biphasés possèdent le même avantage que les moteurs asynchrones monophasés, de pouvoir fonctionner également bien avec des courants alternatifs monophasés, après avoir changé les connexions de l'induit par la simple manœuvre d'un commutateur. En principe, un moteur synchrone monophasé ne peut pas démarrer seul et à vide bien entendu, même si l'on veut le faire fonctionner comme moteur asynchrone en n'envoyant aucun courant dans les inducteurs. En

Digitized by Google

effet, nous avons montré précédemment que dans un moteur asynchrone monophasé le couple augmente assez vite pour des accroissements de la vitesse voisins du démarrage, et qu'à partir d'une certaine vitesse qui correspond au régime stable de marche le couple moteur ne subit presque plus d'augmentation c'est-à-dire reste presque constant. Toutefois le couple étant égal à o lorsque l'induit est au repos, le moteur ne peut pas se mettre en marche de lui-même. Mais il suffit, si les résistances passives de la machine ne sont pas trop grandes, d'imprimer au moteur une faible vitesse initiale pour que sa vitesse aille en s'accélérant jusqu'à sa valeur normale.

On ferme alors le circuit induit sur le couran alternatif et l'on fait tourner à la main la poulie du moteur. Si l'impulsion est assez énergique, la vitesse s'accélère parce que le couple du système asynchrone va constamment en augmentant. On diminue en même temps la résistance inductive en circuit et lorsque la vitesse ne varie plus, c'est-à-dire est voisine du synchronisme, on ferme le circuit inducteur sur le courant continu et l'on enlève la bobine de self. L'intensité dans l'induit diminue aussitôt et l'appareil continue à fonctionner comme moteur synchrone.

Le moteur de 10 chevaux démarre facilement par ce procédé après avoir été lancé au

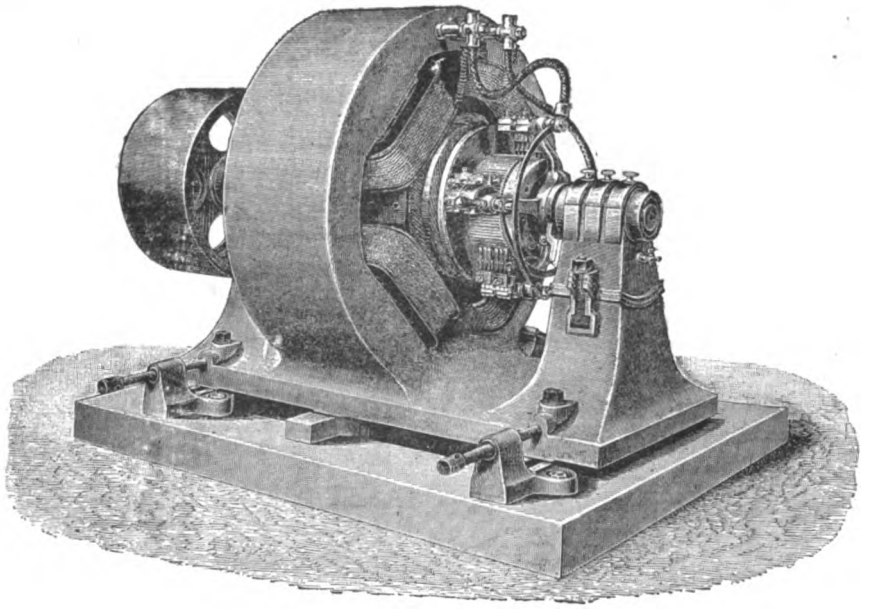


Fig. 19. — Reception Fives-Lille à courant continu.

On met en marche de cette manière le moteur Labour de 10 chevaux. On commence par fermer le circuit inducteur sur lui-même en l'isolant des fils d'alimentation à courant continu, disposition semblable à celle de l'ouverture du circuit inducteur, mais donnant naissance à des courants d'induction plus énergiques. On introduit en même temps une bobine de self-induction dans le circuit induit avant d'y envoyer le courant alternatif, afin que celui-ci n'atteigne pas une intensité dangereuse au moment où l'induit est au repos. préalable à la main, mais il n'est pas certain qu'il en serait de même avec des moteurs plus puissants, dans lesquels les résistances passives auraient une valeur absolue plus élevée. Puisqu'on est obligé d'introduire dans le circuit induit une bobine de self pour la mise en route il nous semble qu'il ne serait pas plus compliqué d'ajouter à la résistance inductive une capacité, en faisant usage du mode de démarrage employé pour les moteurs asynchrones. Le circuit inducteur restant isolé, le circuit induit serait d'abord divisé en 2 parties

Digitized by Google

distinctes, par la manœuvre d'un commutateur qui mettrait en circuit la bobine de self et la capacité, suivant les schemas indiqués dans notre précédent article. L'appareil pourrait alors démarrer absolument seul, parce qu'il fonctionnerait comme moteur asynchrone biphasé et que l'on sait que ces moteurs ont un couple assez puissant au moment où la vitesse est nulle. Lorsque le moteur aurait atteint une vitesse suffisante, voisine de celle du synchronisme, le commutateur serait placé dans la position qui établit la connexion directe de l'enroulement induit, formant un circuit unique, avec le courant alternatif monophasé et l'on pourrait aussitôt envoyer le courant continu dans les inducteurs.

Moyennant cette petite modification le moteur synchrone monophasé du type synchrone polyphasé, analogue au modèle de la Société « l'Eclairage électrique » est de beaucoup supérieur aux autres systèmes de moteurs synchrones monophasés. Ces moteurs, dans lesquels le courant alternatif est envoyé dans l'inducteur en même temps que dans l'induit, ont été plutôt proposés qu'employés, car ils présentent deux inconvénients très sérieux. Ils ne peuvent d'abord démarrer qu'au moyen de systèmes qui sont tous compliqués. Ensuite le courant alternatif circulant dans les deux circuits donne lieu à de fortes pertes par hysteresis et courants de Foucault qui affaiblissent notablement le rendement. Dans les moteurs synchrones du type polyphasé, au contraire, le rendement est élevé parce que le courant alternatif circule seulement dans l'induit, dont la masse de fer est peu importante. De plus nous avons vu que ces moteurs pouvaient démarrer en employant des dispositifs très simples et que la production du courant continu nécessaire à leur excitation n'offrait aucune difficulté. Ces appareils présentent donc les mêmes avantages que les moteurs synchrones à courants polyphasés qui, ont déjà reçu des applications industrielles, surtout pour les modèles de forte puissance.

La *Compagnie de Fives-Lille*, dont les usines sont situées à Fives et à Givors, ne construit les appareils électriques que depuis un an environ. Son exposition de la coupole absorbe à elle seule la plus grosse partie du courant qui circule dans le circuit intérieur de distribution de la station centrale de la coupole.

Le branchement de la Compagnie de Fives-Lille, pris sur la canalisation à courant continu à 120 volts, peut faire mouvoir un moteur à courant continu tétrapolaire de 22 chevaux, ainsi qu'une série de 8 petits moteurs à courant continu dont la puissance varie entre 1/16 de cheval et 4 chevaux. Il peut également être envoyé dans un moteur à courant continu de 10 chevaux tournant à 1000 tours par minute et actionnant un pont roulant électrique de 2 tonnes. Les 3 mouvements du pont sont produits par un moteur unique au moyen d'un engrenage à vis et de plusieurs systèmes de cônes de friction embrayés par des leviers de manœuvre.

Une réceptrice à courant continu de 45 chevaux, alimentée par le même branchement que les petits moteurs, reste constamment en marche et travaille à pleine charge toute la soirée. Ce moteur tétrapolaire, représenté sur la figure 19, porte un induit en forme de tambour et fait 770 tours par minute. Il actionne par courroie une génératrice triphasée donnant à la vitesse angulaire de 750 tours par minute des courants dont la fréquence est de 50 périodes par seconde.

L'alternateur triphasé Fives-Lille, dont la puissance est de 42 kilowats, n'est pas construit suivant le type Brown-Œrlikon qui est le plus employé pour les génératrices polyphasées. La machine porte 8 pôles fixés radialement sur une couronne extérieure formant bâti. L'induit est composé de barres de cuivres disposées sur un tambour creux en fer et reliées latéralement par des lames de connexion semblables aux lames d'un induit à courant continu mais réunies seulement à 3 bagues pleines montées sur l'axe. Le courant continu d'excitation est pris sur la canalisation générale à 120 volts.

Digitized by Google

Les 3 bornes extérieures de la dynamo fournissent des courants triphasés qui alimentent, à la tension de 120 volts, un circuit local à 3 fils sur lesquelles sont branchées 340 lampes à incandescence servant à l'éclairage de l'exposition Fives-Llile.

Une dérivation à 3 fils permet de brancher sur le circuit triphasé une série de petits moteurs triphasés, analogue à la série de moteurs continus et allant de 1/2 cheval à 5 chevaux. Ces moteurs à induit mobile, sans collecteur ni balais, sont du type Dolivo-Dobrowolsky représenté sur la figure 20. L'inducteur est formé par un enroulement continu semblable à un anneau Gramme qui serait relié en 3 points aux 3 bornes d'arrivée des courants triphasés. L'in-

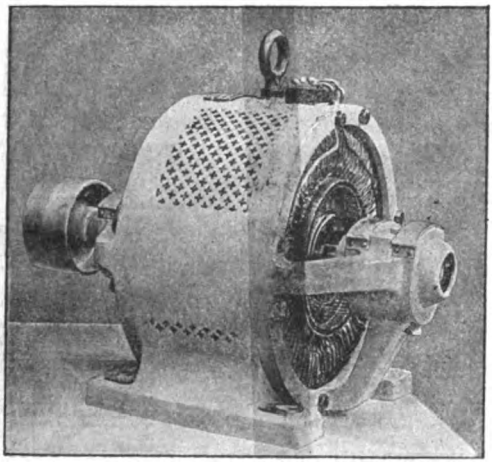


Fig. 20. — Moteur biphasé asynchrone Fives-Lil'e.

duit, dont le circuit isolé est fermé sur lui-même, est constitué par un tambour en fer traversé par des barres de cuivre reliées entre elles de chaque côté par une simple couronne en cuivre.

En traitant de l'éclairage général de l'Exposition nous avons décrit la dynamo unique pour distribution à 3 fils installée par la Compagnie Fives-Lille dans la station des Colonies.

La Compagnie Fives-Lille expose au repos, dans la coupole, des transformateurs triphasés d'un type très haut, formé par la superposition de 3 noyaux de fer portant un enroulement inducteur et induit et réunis magnétiquement par 2 culasses latérales en fer.

On voit également au repos, une voiture de tramway construite par la compagnie Fives-Lille. Ce véhicule, qui ne pèse que 4800 kilogrammes et peut contenir environ 45 personnes, porte 2 moteurs bipolaires de construction robuste, donnant le mouvement à un système d'engrenages à simple réduction noyé dans l'huile. Les moteurs, dont le poids est de 859 kilogrammes, tournent à la vitesse angulaire de 500 tours par minute et peuvent développer chacun une puissance de 10 chevaux. La voiture porte 5 lampes à incandescence de 16 bougies branchées directement sur le courant venant du trolley. Ce dernier organe porte un système d'alarme qui avertit le conducteur par une sonnerie s'il arrive que la poulie du trolley quitte le fil aérien.

Le type d'alternateur Mordey représenté sur la figure 21 est bien connu, car il a été créé en Angleterre dès 1888. Mais il n'a pas été employé en France, jusqu'au moment où la maison de de tréfilerie et câbles *Grammont*, de Pont-de-Chériu (Isère) a entrepris la construction du matériel électrique de la Société Brush. Il existe à présent dans le midi de la France un certain nombre de stations centrales, dont la plus ancienne remonte à deux ans à peine, dans lesquelles fonctionnent des alternateurs Mordey monophasés.

L'induit de ces dynamos est composé, comme celui des machines Ferranti, d'une série de bobines démontables, très plates, formant un disque placé au milieu et à très faible distance de 2 couronnes latérales de pièces polaires. Ces alternateurs ont le même inconvénient que les autres dynamos de construction semblable, telles que les Ferranti : le moindre défaut de centrage accidentel survenu dans la partie tournante donne lieu aussitôt à un court circuit par suite des positions respectives de l'inducteur et de l'induit. C'est dans le but de remédier à ces accidents éventuels que les dynamos de ce genre portent des bobines induites pouvant être enlevées et remplacées très rapidement en agissant simplement sur

Digitized by Google

un boulon, sans avoir à défaire et à refaire aucune connexion.

En revanche l'alternateur Mordey présente plusieurs dispositions particulières qui assurent à la machine un fonctionnement avantageux. Le système inducteur, qui est mobile, est formé par deux espèces de cloches ou plateaux en fonte montés sur l'axe à une certaine distance l'un de l'autre. Les pièces polaires, fixées à l'intérieur des 2 plateaux, se font face et sont en nombre égal à la moitié du nombre des bobines de l'induit. Dans l'espace compris entre les 2 plateaux est montée sur l'axe une bobine d'excitation unique, recevant un courant continu amené par 2 balais frottant sur deux bagues pleines fixées sur l'axe. L'emploi d'une bobine inductrice unique rend l'excitation très économique; aussi cette disposition a-t-elle adoptée depuis par un grand nombre de constructeurs. De plus les pièces polaires de chaque plateau ayant toutes la même polarité, il ne peut pas se produire de dérivation magnétique dans l'air entre 2 pièces polaires voisines.

Dans la machine Mordey, le flux qui circule dans les bobines de l'induit, au lieu de varier entre un maximum positif et un maximum négatif en passant par zéro comme cela se produit dans la plupart des alternateurs, ne change pas de sens et se contente de croître d'abord de 0 jusqu'au maximum pour décroître ensuite du maximum à 0. Les bobines de l'induit étant enroulées alternativement en sens contraire, le courant obtenu a néanmoins la forme ordinaire d'une sinusoïde complète.

Le disque induit est fixe, ce qui dispense

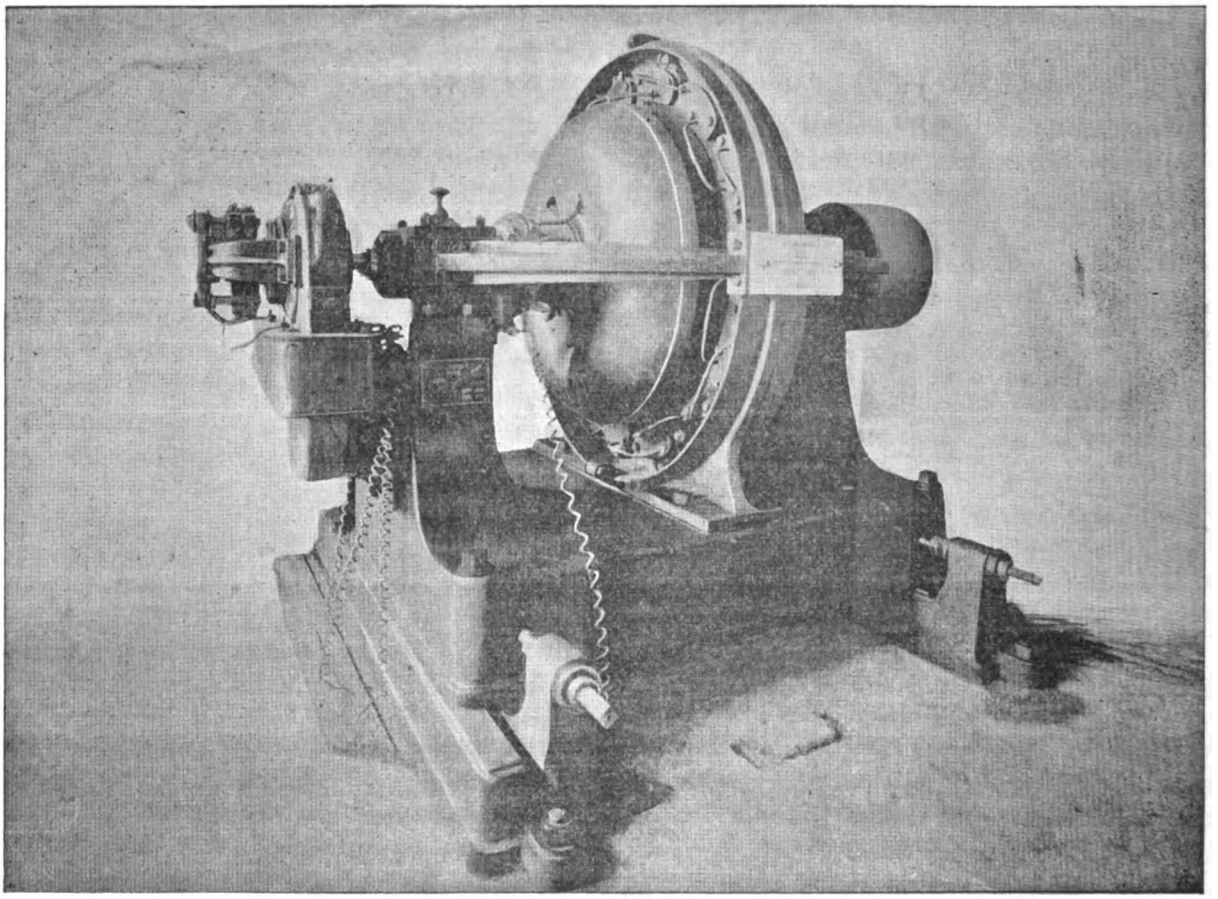


Fig. 21.— Alternateur Mordey-Grammont

Digitized by Google

d'avoir des bagues de prises de courants sur le circuit à haute tension et facilité l'isolement de ce circuit.

Le courant d'excitation de l'alternateur peut être pris sur une dynamo indépendante à courant continu ou bien peut être fourni par une génératrice montée sur le méme axe que l'alternateur, comme c'est le cas de la figure 21.

La maison Grammont a placé dans la coupole 7 alternateurs rangés suivant 7 lignes parallèles et formant une série de machines de dimensions croissantes. La puissance de ces alternateurs est de 17,5, de 25, de 37,5, de 50, de 75, de 100 et 250 kilowatts; leur vitesse angulaire va en décroissant depuis 1000 tours jusqu'à 300 tours par minute. Ces machines, qui fonctionnent à 2400 volts avec une fréquence de 100 périodes par seconde, sont toutes en mouvement, mais elles marchent à vide. Les 4 premiers modèles sont mus par courroie, et les dynamos de 110, 150 et 360 chevaux par câbles; toutes ces machines sont mises en action par une transmission passant sous le plancher, et commandée par une machine à vapeur-pilon Brown-Crozet de 80 chevaux. Ce moteur, qui prend sa vapeur sur la conduite générale de distribution de la station électrique de la coupole, est installé dans un emplacement contigu à l'exposition de la maison Grammont. Celle-ci expose encore dans la coupole 2 dynamos à courant continu de 6 kilowatts ainsi que plusieurs modèles de transformateurs Mordey, le tout au repos. Les transformateurs Mordey, qui sont construits en hauteur, sont placés dans une boîte en fonte remplie d'huile, portant de chaque côté deux ouvertures supérieures pour le passage des fils primaires et secondaires. La boîte est fermée par un couvercle et porte deux oreilles venues de fonte, qui permettent de fixer l'appareil contre un mur lorsque la place manque pour le poser sur le sol.

En dehors de son exposition de la coupole, la maison Grammont a installé sur la rive gauche du lac, dans un bâtiment de construction légère situé tout à côté du panorama de la bataille de Nuits (voir le plan de la figure 1, page 11), une petite usine servant uniquement à l'éclairage de ce panorama.

Au milieu de la salle se trouve une locomobile de 40 chevaux qui fait mouvoir au moyen d'une double transmission par courroie un alternateur de 25 kilowatts et son excitatrice, faisant tous deux 850 tours par minute. Le courant alternatif à basse tension de l'alternateur traverse des coupe-circuits, des interrupteurs et des parafoudres système Brush montés sur un tableau de distribution. Le courant à 110 volts pénètre ensuite dans le panorama par 2 fils aériens de très courte longueur. La façade extérieure et les couloirs portent quelques lampes à arc montées par 2 en tension. L'éclairage du panorama proprement dit est obtenu à l'aide de 300 lampes à incandescence de 32 bougies fixées presque verticalement, la pointe en haut, sur le pourtour du plafond circulaire qui se trouve au-dessus de la plateforme des spectateurs. La lumière est envoyée, partie sur la toile de fond, partie sur le sol du premier plan par un réflecteur de forme appropriée, disposé derrière chaque lampe.

Citons, pour en finir avec le courant alternatif, une dynamo-volant système *Patin* de 80000 watts à 2400 volts alimente après transformation un certain nombre de lampes à incandescence formant une très faible partie de la puissance totale de la machine. Cette génératrice se compose d'un disque fixe de 4,30 mètres de diamètre portant des bobines induites, et placé à faible distance d'un disque inducteur à dents en fer. Cet inducteur, qui forme volant au moteur, d'où le nom de dynamo-volant donné à l'alternateur, est monté directement sur l'axe d'une machine horizontale, genre Corliss, tournant à faible vitesse angulaire et prenant sa vapeur à l'extrémité de la conduite générale de la station électrique de la coupole. Si ce n'était sa grande dimension, la dynamo Patin serait difficile à trouver dans la coupole, car elle est au milieu des appareils de carrosserie, bien loin du secteur électrique.

Digitized by Google

C'est d'ailleurs un reproche qui s'applique à l'organisation entière de l'exposition de la coupole. La disposition même du bâtiment, formé par la réunion de 16 secteurs, se prête mal à une délimitation bien distincte des diverses industries représentées dans la coupole. Pour ajouter à la confusion, les exposants retardataires, pour lesquels il ne restait plus de place, ont été éparpillés dans toutes les sections. En fait, la classification se trouve ainsi supprimée, ce qui est peut-être un avantage au point de vue du pittoresque mais ce qui est sûrement un inconvénient pour le visi-

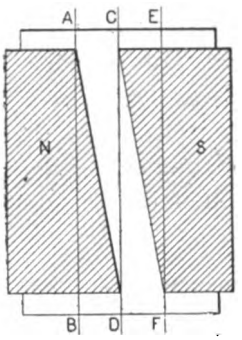


Fig. 22.

teur désireux d'étudier une classe spéciale d'appareils.

Revenons aux exposants en signalant le projecteur de 100 ampères installé au sommet de la coupole pour faire des projections dans les jardins du parc. Ce projecteur, dont le réflecteur est parabolique, a été installé par la maison *Schuckert* de Nuremberg, qui possède une agence à Lyon.

La tension du courant de la station électrique de la coupole n'étant pas toujours parfaitement uniforme, la maison Schuckert préfère avoir recours à une double transformation afin d'obtenir une tension bien constante au moyen d'une dynamo tétrapolaire à courant continu de 27 kilowalts munie d'un régulateur automatique. Cette dynamo reçoit le mouvement par courroie d'une dynamo réceptrice à 4 pôles de 40 chevaux, alimentée par le courant continu à 110 volts pris sur la distribution générale de la station électrique de la coupole.

La plupart des dynamos réceptrices Schuckert multipolaires fonctionnant dans la coupole possèdent une disposition spéciale des inducteurs, destinée à éviter la production des étincelles au collecteur. Les pièces polaires voisines N et S (voir fig. 22) sont très rapprochées et leur arête terminale est oblique par rapport aux génératrices AB, EF du tambour induit. L'obliquité de la coupure est telle que la pointe antérieure D de la pièee polaire N est située à peu près sur la même génératrice que la pointe postérieure G de la pièce polaire S, de façon à ce que le flux embrassé par une spire induite varie très progressivement entre les 2 positions extrêmes AB et EF. Soit efficacité du procédé, soit bonne construction des dynamos, toujours est-il que les machines Schuckert, en marche dans l'Exposition, ne donnent pas d'étincelles au collecteur, même lorsque la charge varie dans des limites très étendues.

La maison Schuckert expose au repos une dynamo tétrapolaire de 14 kilowatts, deux dynamos bipolaires de 8 et de 10 kilowatts, plusieurs modèles de lampes Pilsen, et une série de très petits moteurs, depuis 5 jusqu'à 40 kilogrammètres par seconde.

La maison *Buffaud* de Lyon a installé, à côté de son groupe générateur desservant la station électrique de la coupole, une turbine Laval de 10 chevaux, de construction Breguet, recevant la vapeur de la conduite générale. L'arbre de commande qui tourne à 2400 tours est accouplé avec une dynamo bipolaire de 7 kilowatts fournissant le courant à un tableau de 100 lampes à incandescence servant à la démonstration de l'appareil. L'ensemble de la dynamo et du moteur ne pèse que 590 kilogrammes et occupe un emplacement très restreint. Le réglage de la machine est obtenu par un régulateur agissant sur la valve d'admission de vapeur. Ce régulateur est assez sensible ; nous avons constaté par exemple que la variation de voltage était de 2 o/o pour une variation brusque de charge de 30 o/o.

L'exposition Buffaud est complétée par dif-

Digitized by Google

férentes machines laissées au repos. On voit ainsi une turbine Laval de 8 chevaux montée sur une locomobile et une de 5 chevaux actionnant une transmission d'atelier; un modèle d'essieu portant un moteur bipolaire de 20 chevaux monte directement sur l'essieu et devant tourner à 100 tours par minute; 1 groupe marine composé d'une machine à vapeur pilon de 40 chevaux et d'une dynamo bipolaire Victoria accouplée directement avec le moteur; une dynamo de 33 kilowatts; enfin une série de petits moteurs de 7 à 50 kilogrammètres. Tous ces appareils sortent des ateliers Breguet.

Le ballon captif qui s'élève dans le parc constitue indirectement une exposition électrique, car on trouve dans la salle de machines un moteur à gaz de 8 chevaux actionnant une dynamo fournissant l'éclairage, avec le secours d'une batterie de 60 accumulateurs type Faure-Sellon-Volckmar.

On trouve également dans la coupole plusieurs types démontés d'accumulateurs Gadot et Peyrusson. Nous avons vu à propos de l'éclairage général du parc que la stations électriques du Génie civil fonctionne avec une batterie d'accumulateurs Tudor et la station Averly avec 2 batteries d'accumulateurs de la Société du travail électrique des métaux; presque tous les systèmes d'accumulateurs sont donc représentés, en petit ou en grand, à l'Exposition de Lyon.

Il nous resterait à décrire, si nous voulions passer en revue d'une façon complète tous les appareils électriques représentés à l'Exposition de Lyon, un certain nombre de petites expositions particulières dans lesquelles on rencontre beaucoup de modèles intéressants. Mais comme il s'agit de modèles bien connus, nous préférons ne pas en parler, et nous borner aux descriptions que nous avons données des intallations électriques les plus importantes.

Pour terminer cette série d'articles nous déclarons franchement, qu'en partant pour Lyon, nous ne nous attendions pas à rencontrer à l'Exposition un aussi grand nombre d'appareils électriques nouveaux et intéressants. Nous avons été agréablement surpris d'y voir fonctionner tous les systèmes de générateurs et de moteurs à courants alternatifs monophasés, biphasés ou triphasés. Nous avions déjà vu à l'étranger des appareils de ce genre en marche dans diverses installations, mais ces appareils n'avaient jusqu'à présent reçu en France que des applications peu nombreuses.

L'Exposition de Lyon a permis aux industriels de faire connaissance — sans avoir à parcourir la France et l'étranger — non-seulement avec les appareils à courant continu qui leur sont devenus familiers, mais encore avec les appareils les plus récents à courants alternatifs et polyphasés. Au point de vue électrique le seul qui nous occupe, nous pouvons donc dire sans exagération que l'Exposition qui va fermer ses portes a joué un rôle utile, c'est le meilleur éloge qu'on puisse en faire.

Ch. JACQUIN.

EXTRACTION DE L'OR PAR LE CYANURE

Le cyanure de potassium relève de l'électricité beaucoup plus que de la chimie; c'est à lui que nous devons les dépôts galvaniques et la grande industrie de l'électro-déposition des métaux, et en présence du développement énorme qu'ont pris durant ces dernières années sa fabrication et son emploi dans l'extraction de l'or, il est bon de considérer comment on en est venu à se servir de ce produit dont pendant si longtemps la popularité n'a été que celle d'un poison violent, foudroyant, qu'aucun remède ne peut combattre.

Il se consomme en ce moment chaque jour dans les mines d'or plus de cyanure de potassium que la galvanoplastie n'en employait ordinairement en dix ou douze mois, et la quantité d'or qu'on extrait quotidiennement des minerais dans le monde entier, a fait plus que dix fois centupler.

Jadis, en effet, on parlait du traitement de 40 ou 50 tonnes de minerai par jour comme

Digitized by Google

d'un événement extraordinaire. La chloruration et d'amalgamation sont aujourd'hui dépassées de beaucoup, car dans certains districts miniers, on a de grandes cuves en ciment d'une contenance de 500 ou 100 tonnes et davantage dans lesquelles s'opère tout tranquillement la lixiviation du minerai en poudre au moyen d'une solution de cyanure de potassium qui, en passant à travers la masse, s'empare du métal et se transforme en cyanure d'or. Cette solution, au sortir des cuves, traverse des bacs remplis de rognures de zinc qui opèrent la précipitation de l'or.

Telle est en substance la méthode au cyanure connue dans certains pays sous le nom de procédé Mac Arthur et Forrest, dont on veut faire un monopole non seulement contre les mineurs qui emploient le cyanure tout simplement en solution, mais contre ceux qui l'emploient en combinaison avec le courant électrique.

Un long et coûteux procès nous a fait assister à Londres, tout récemment, au défilé de nombreux savants anglais dont la plupart avait pour mission de dire que personne avant MM. Mac Arthur et Forrest ne savait que le cyanure de potassium dissolvait l'or, que c'était leur découverte, leur invention, leur propriété, et que nul dans le monde entier n'avait le droit de se servir de cyanure sans leur permission.

Cette fois, il s'agissait d'un procès intenté à des gens qui traitaient les minerais aurifères par l'*électrolyse* et rien n'est plus remarquable que la façon erratique dont les débats ont été conduits hors de la question. La décision du juge n'a pas encore été rendue, je ne discuterai donc pas les points intéressants qui pouvaient être soulevés, mais au point de vue électrique je présenterai certaines observations.

D'ici à très peu de temps, un autre grand procès aurait dû se juger au Transvaal, où les chefs d'exploitation de mines d'or se révoltaient contre la dureté des conditions auxquelles ils sont soumis et, pour échapper au tribut qu'on leur impose, voulaient attaquer la Compagnie propriétaire du monopole du cyanure, en prétendant que le cyanure était connu avant Mac Arthur et Forrest comme agent dissolvant de l'or. Les dernieres nouvelles nous apprennent qu'il y a eu un compromis et que grâce à un abaissement de redevances, la paix est faite. Mais le Transvaal, si riche que soient ses mines, ne représente qu'un grand district isolé, et ce qui s'y passe ne saurait affecter les autres pays producteurs d'or.

Il y a deux questions à résoudre, et comme je les ai étudiées avec beaucoup de soin depuis plusieurs années, et que je les connais également au point de vue pratique, je me propose de rechercher si réellement *personne n'avait connaissance des propriétés du cyanure pour dissoudre l'or avant* 1877, *époque à laquelle MM. Mac Arthur disent qu'ils firent leur découverte*, et en outre, si *quand on électrolyse du minerai d'or dans une cuve qui contient une solution de cyanure, on ne fait que dissoudre l'or au moyen du cyanure* et que le *précipiter au moyen du courant.*

Tout d'abord, je poserai une petite question. Est-ce le cyanure qui dissout l'or, ou bien est-ce le cyanate?

Le prince Bagration, qui en 1844 lut à la Société scientifique de Pétersbourg (1) un mémoire qui fut reproduit dans tous les ouvrages techniques et dans tous les traités de chimie, fut le premier à constater la propriété que possèdent les cyanures et les ferro-cyanures de dissoudre l'or; il terminait son étude par ces mots : « S'il était permis d'avancer une hypothèse, on serait tenté de supposer que l'or se trouve dans ces solutions à l'état de cyanate ou d'ammoniate, vu les nombreuses transformations que subissent les cyanures en se trouvant en contact avec l'air. »

Ce qui corrobore cette assertion, c'est que, peu de temps après, Elsner déclarait que le cyanure en *contact avec l'oxygène* dissolvait l'or. Je ne fais ici qu'indiquer une action possible et j'aborde le chapitre des connaissances du monde chimique et métallurgique au sujet de

(1) L'Institut, 1844.

Digitized by Google

la solubilité de l'or dans une dissolution de cyanure.

« C'est un fait *reconnu depuis longtemps*, dit Elsner (1),que l'or est dissous par les solutions de cyanure de potassium. »

Un an auparavant, ce même savant allemand avait publié une étude extrêmement remarquable sur la façon dont se comportent certains métaux en présence de solutions aqueuses de cyanure de potassium (2), qui se termine ainsi :

« D'autres métaux se dissolvent dans la solution de cyanure de potassium,mais ils peuvent être à cet égard divisés en deux groupes : les uns, en se dissolvant décomposent l'eau et donnent lieu à un dégagement d'hydrogène : tels sont le fer, le cuivre, le zinc et le nickel.

« Les autres ne décomposent pas l'eau et ne dégagent pas d'hydrogène : tels, l'*or*, l'argent et le cadmium. Dans ce dernier cas, la présence de l'air est nécessaire et son oxygène est absorbé. »

« Il est difficile de concevoir avait dit M. Francis dans le *Philosophical Magazine* (S. 3,vol.XX, août 1842)en publiant la traduction d'un travail de Liebig, l'extrême facilité avec laquelle le cyanure des potassium, s'empare de l'oxygène et du soufre de certains oxydes métalliques et sulfures. Cela a lieu pour ainsi dire avec l'énergie du potassium; et cette action réductive, le cyanure de potassium ne la possède pas seulement dans les opérations par voie sèche, il *les a aussi* à l'*état de dissolution*. »

Il n'y a pas que les Anglais qui s'intéressent à l'industrie de l'or, c'est pourquoi je traite un peu à fond l'histoire du cyanure comme dissolvant de l'or, qui est absolument inconnue et sur laquelle aucun des savants appelés comme experts, Sir W. Roscoe, Prof. Dewar, lord Kelvin,Roberts Austin,Gore,Crookes,etc., n'ont jeté aucune lumière. Que des Français, des Russes, des Belges, des Italiens se décident dès demain à exploiter des gisements aurifères, il leur est interdit, ou du moins on leur signifiera la défense de se servir de cyanure soit comme simple solution chimique, soit comme électrolyte dans un système électrométallurgique quelconque. Comment se défendront-ils ou feront-ils valoir leurs droits contre l'abus du monopole ? Aucun des passages que je mentionne n'a été invoqué au cours de ce procès qui a eu lieu et qui, dit-on, a coûté plus de 250,000 francs,et,à l'heure qu'il est,la Compagnie qui exploite les procédés de cyanure se targue publiquement de ce que personne n'a pu prouver qu'on savait avant 1887 que le cyanure dissolvait l'or métallique et surtout l'or contenu dans les minerais.

C'est rendre service que de publier les extraits suivants qui prouveront que le monopole du cyanure est chose inique et que, si dans certains pays íl l'emporte et gagne des procès, il n'en sera pas de même dans ceux où on connaît la vérité et où, au nom de la vérité et de la justice on protège l'intérêt public.

« Ce n'est pas seulement le sulfure de cuivre que le cyanure de potassium dissout : il *dissout aussi le sulfure d'or* et le sulfure d'argent. » (*Berg und Hütten Zeitung* XXIX, p. 66, 1870).

Si maintenant vous prenez les *Elements of chemistey theorrtical and pratical*, d'Allen Miller (3e partie, t. 1), Chimie organique p. 97 (Longmans, Green, Londres 1880), vous y lirez ceci : « Les solutions de cyanure de potassium dissolvent le fer, le zinc, le nickel et le cuivre avec évolution d'hydrogène et formation d'hydrate de potasse et elles dissolvent aussi *l'or et l'argent.*

« L'or est attaqué,dit Egleston (Metallurgie of Gold and Silver, New-York), par plusieurs sels dans lesquels on croyait qu'il était insoluble, et entre autres, par le cyanure de potassium. »

Citons aussi le *Pratical Guide for the Gold and Silver electroplater* de Wahl (Philadelphie 1883) qui s'exprime ainsi :

(1) Le *Technologiste* VIII, p. 51, 1847.

(2) *Journal für Praktische Chemie* XXXVII, p. 44 Voir aussi : *Die Chemische technischen Mitheilungen des Jahres* 1846, von L. Elsner. Berlin 1849, p. 40 et Supplément à la Bibliothèque de Genève ; Archives des sciences physiques, t. II, 303, 1846.

Digitized by Google

« Un phénomène digne de remarque, c'est que les solutions de cyanure, même sans l'action du courant électrique » dissolvent rapidement à froid ou à une température modérée tous les métaux, excepté le platine. »

A cinquante ans de distance, l'utilisation du cyanure dans l'industrie de l'extraction de l'or nous fait assister à des prétentions et à des procès aussi remarquables par les revendications les plus exagérées, que les batailles juridiques qu'ont livrées l'un contre l'autre en France Elkington et Ruoltz. Si par hasard on voulait se servir dans les colonies française, où l'or n'est pas rare, de solutions électrolytiques ou non de cyanure de potassium, n'est-il pas bon qu'on sache si on a le droit de le faire, et si n'ayant rien inventé MM. Mac Arthur et Forrest doivent se contenter de lever tribut dans tel ou tel pays, où des privilèges et des monopoles leur ont été accordés par ignorance aux dépens des exploitateurs de mines.

Ce n'est pas sur le terrain des brevets et de leur validité possible que je me place pour argumenter. Je parle à des chimistes, à des métallurgistes ou des mineurs, et surtout à des électriciens. Il y a eu des brevets américains dans lesquels on a décrit l'extraction de l'or lessivé par une solution de cyanure. Je ne les examinerai pas, je ne les résumerai pas, je me bornerai à indiquer leurs numéros dans un prochain article afin qu'on soit bien documenté, comme dit le grand chef de notre école réaliste.

Mais avant de pousser plus loin cet exposé des connaissances que le monde scientifique, industriel, électrique et minéralogique possédait sur les propriétés dissolvantes de cyanure, je vais aller au-devant de certaines objections spécieuses.

Puisqu'on savait que le cyanure dissout l'or, comment se fait-il, dit-on, que personne n'ait songé à se servir du cyanure?

La raison en est bien simple. Les mineurs sont peu amateurs de changements et d'innovations : ils sont tous esclaves du préjugé, ils n'aiment pas à renverser leurs installations auquelles ils sont habitués et ne renoncent pas facilement aux procédés qu'ils connaissent, pour adopter ceux qu'ils ne connaissent pas.

D'un autre côté, la réputation du cyanure de potassium et de l'acide prussique étant connue, il est tout naturel qu'on ait négligé d'une façon radicale les avantages de ce dissolvant de l'or en présence des dangers que sa manipulation présentait. Du reste, le cyanure de potassium il y a quelques années, coûtait fort cher, tandis qu'à présent on peut l'avoir à très bon marché, par suite de la demande énorme qui en s'est faite en Amérique, en Australie et surtout en Afrique, où le district des Randt à lui seul va avoir une production annuelle de 4 millions d'onces d'or (16 millions de francs).

De simples chimistes ou métallurgistes se seraient mis en tête de faire servir le cyanure à l'extraction de l'or, qu'ils n'auraient pas réussi à le faire employer; mais c'est une compagnie qui a pris l'initiative et qui a voulu imposer son monopole dans le monde entier, et le succès a été complet. Il n'est personne qui ignore le nom de la Compagnie Cassel qui figure honorablement dans des brochures et des livres d'électricité, où on décrit le tambour électrolytique de Cassel.

Or, il est bon qu'on sache que ce procédé Cassel n'a jamais existé et n'a jamais extrait d'or. Cassel était un allemand qui vendit un procédé sans valeur reconnue à une Compagnie qui lui versa une forte somme. Cassel après avoir reçu quelques centaines de mille francs disparut paraît-il et la Compagnie dont tout le capital avait été souscrit et versé, resta inactive faute de procédé. Elle avait des mines à exploiter, elle avait tout l'argent nécessaire pour de grandes installations, mais elle n'avait pas de procédé à appliquer.

Elle s'adressa dit-on au chimiste J.-B. Hannay, qui combina le cyanure de potassium avec le chlore dans ce qu'on appelle le système Cassel. Mais du moment qu'on voulait employer le tonneau électrolytique Cassel, il était impossible de réussir et le procédé Hannay dut être abandonné.

Pour empêcher que l'or ne fût pas trop tôt précipité par les protosels métalliques, il intro-

Digitized by Google

duisait du cyanure de potassium dans le compartiment négatif, afin de maintenir l'or en solution jusqu'à ce qu'il fût déposé à la cathode.

Il y a loin de là à dissoudre l'or au moyen du cyanure. Néanmoins, l'année suivante la Compagnie Cassel achetait les procédés Mac Arthur et Forrest qui sont la reprise et l'exploitation en grand d'une donnée connue, et qui ont de suite été appliqués dans les mines d'Australie, d'Amérique et du Transvaal, parce que la Compagnie disposait de grandes ressources et qu'elle profitait de la chute et de la disparition du procédé de chloruration Vautin, qui avait échoué partout, et qui n'existe plus, quoique dans les publications on en parle tout comme on le fait du procédé Cassel. On écrit si étrangement l'histoire industrielle et électrolytique!

Au bout de six mois, les journaux de tous les pays célébraient la réussite du système au cyanure de potassium, surtout dans le Transvaal où le minerai est peu ou point réfractaire et où on ne se sert pour ainsi dire que de cyanure pour traiter les minerais aurifères et, chose extrêmement importante, pour épuiser les monceaux énormes gigantesques de résidus ou *tailings* c'est-à-dire de sable dans lequel il reste encore un peu d'or.

Que le monopole du cyanure règne dans des districts comme ceux du Transvaal ou dans d'autres où on ne se donne pas la peine de discuter ses droits, c'est tant mieux pour ceux qui en sont les propriétaires et qui cherchent à en tirer le meilleur parti qu'ils peuvent. Mais il ne saurait en être de même dans les pays où les mineurs et les électriciens entendent se servir d'un agent chimique dont les propriétés étaient connues.

Je ne multiplierai pas les citations, mais en voici quelques-unes au hasard :

« Les solutions de cyanure dissolvent l'*or*, l'argent et le cadmium et forment des cyanures doubles (1). »

Ces mêmes indications, nous les trouvons dans le dictionnaire de chimie de Würtz qui termine en disant que l'électrolyse convertit les cyanures en cyanates. Ce sont les livres et les journaux allemands qui nous fournissent le plus de renseignements sur la dissolution de l'or au moyen du cyanure.

« Depuis plusieurs années, on sait que plusieurs métaux tels que l'or et l'argent se dissolvent à la température ordinaire et sans l'emploi du courant galvanique, dans une solution aqueuse de cyanure de potassium (2) (L. Elsner). »

Dans une étude sur les relations des sulfures avec le cyanure, le Dr H. C. Hahn s'exprime ainsi (3) :

« Ce n'est pas seulement le sulfure de cuivre qui se dissout dans le cyanure de potassium. Les sulfures d'or et d'argent s'y dissolvent aussi. »

Non content d'affirmer cette propriété, le même auteur dans le *Chem Centralblatt* (1870, p. 240) et dans le *Berg und Hütten-Zeitung* (T. 29, p. 66) nous apprend « que la solubilité du sulfure d'or dans le cyanure a trouvé son utilisation pratique en Californie pour la captation de l'or ».

Mais, disent les monopoliseurs du cyanure, on n'a parlé que vaguement une fois ou deux de cyanure, et ce n'était qu'à propos d'expériences de laboratoire sur des *sels d'or*, et jamais il n'a été question de *minerais d'or*, ce qui est une toute autre chose.

Ici, il faut s'inscrire en faux et protester. Quoique, durant tout le procès qui s'est jugé à Londres il y a quelques semaines, personne n'ait cité les passages de livres ou de journaux techniques où le cyanure est mentionné comme dissolvant de l'or; il n'en est pas moins vrai que c'était chose connue, qu'il y a pour ainsi dire une littérature du cyanure, et que Mac Arthur et Forrest n'ont pas même décou-

(1) Berg und Hutten Zeitung 1870, p. 66.

(1) *Die Chemische Technischen Mitheilungen* 1846-48 Berlin 1849, p. 40.

(2) *Zeitschrift für Chemie* von W. Lossen und Birnbaum, Leipzig 1870, p. 352.

Digitized by Google

vert que le cyanure dissout *l'or contenu dans les minerais*.

Le passage suivant en fait foi :

« Le cyanure de potassium n'est pas seulement un bon agent dissolvant de l'argent et du cuivre; il dissout aussi plusieurs sulfures, tels que CuS, AuS et AgS qui sont dissous après macération dans une forte solution de cyanure de potassium.

Un minerai qui contenait 4.869 d'argent à l'état de sulfure n'en renfermait plus que 0.485 après une macération de 3 jours dans du cyanure.

En ce qui touche le sulfure d'or, sa solubilité dans le cyanure a été mise en application en Californie (1) ».

E. ANDREOLI.

(*A suivre.*)

EXTRAITS

DE LA PRESSE INDUSTRIELLE

COMMUNICATIONS

Quelques avantages des courants alternatifs par S.-P. Thompson (2)

Après cette digression sur les électro-aimants, il reste à examiner encore plusieurs avantages des courants alternatifs qui ont été négligés en Angleterre, mais que l'on sait apprécier aux Etats-Unis.

L'une des difficultés qui accompagnent la distribution des courants électriques sur une grande échelle, est celle de maintenir constantes en tous les points du réseau de conducteurs la tension sous laquelle le courant est fourni aux consommateurs. Entre la station génératrice et le centre de distribution se produit une perte de tension, et entre le centre de distribution et les points de consommation une nouvelle chute du voltage a lieu. La première de ces pertes peut être compensée par des dispositions convenables à la station centrale, mais la chute de tension entre le centre et les appareils d'utilisation, quoiqu'elle puisse être surveillée et en partie compensée par quelque système de surcompoundage au centre de distribution, ne peut être compensée exactement. Le résultat en est que les lampes du consommateur ne sont pas alimentées à tension invariable.

Or, dans le cas du courant continu, l'unique cause de chute de voltage réside dans la résistance que présentent les conducteurs. Cette chute, dite ohmique, est proportionnelle au nombre d'ohms de la résistance et au nombre d'ampères du courant. Mais, dans le cas du courant alternatif, une autre cause de perte intervient qui a été considérée jusqu'ici comme un sérieux inconvénient : l'action self-inductive des lignes qui réagit en créant une force contre électromotrice tendant à refouler le courant. En général, cette chute inductive de la tension n'est pas importante, les conducteurs principaux étant disposés concentriquement pour l'éviter. Mais elle peut devenir sérieuse dans le cas où des moteurs sont intercalés dans les circuits, à cause des réactions inductives considérables qu'engendrent ces machines.

Les moteurs à courants alternatifs sont de plusieurs sortes, mais on peut les grouper en deux classes principales, les moteurs synchrones et les moteurs asynchrones. Les premiers ne tournent qu'à une vitesse fixe, déterminée, indépendamment de la charge, par leur nombre de pôles et le nombre d'alternances créées par les machines génératrices. Ils doivent marcher en synchronisme avec les pulsations du courant, ou ne pas marcher du tout. L'autre classe, celle des moteurs asynchrones, comprend en général des machines polyphasées, alimentées par des courants bi- ou triphasés. Ces courants, en agissant dans une armature convenable, s'y combinent pour produire un champ magnétique tournant, qui

(1) *Zeitschrift für Chemie* 1866, IX, 2 vol. 175 181. *Analytische Chemie*. Fresenius, Wiesbaden 1866. V, 101.

(2) Voir l'*Eclairage électrique* du 20 octobre 1894, p. 271.

Digitized by Google

met en rotation les masses de fer ou les circuits qu'on y introduit, et dont le mouvement est entretenu par les réactions des courants Foucault qui s'y créent. La partie rotative du moteur asynchrone peut être considérée comme un aimant tournant, magnétisé seulement par les courants de Foucault. Or, si cette partie tournait aussi vite que le champ rotatoire qui l'entoure, le mouvement relatif serait nul, il n'y aurait pas de courants de Foucault, et ni réactions, ni couple moteur. Elle est actionnée par des forces dont l'existence est subordonnée à la rotation non synchrone avec les pulsations des courants. Entre certaines limites elle règle sa vitesse de telle façon que son glissement magnétique est proportionnel au couple moteur qu'elle doit exercer.

Par suite de ces réactions nécessaires, les moteurs asynchrones produisent sur les conducteurs qui les alimentent une chute inductive, et font décaler en arrière les pulsations du courant sur celles du voltage. Tandis que la perte ohmique n'est accompagnée d'aucun décalage de phase du courant, la perte inductive en est accompagnée. Heureusement, avec les courants alternatifs on a plus d'un remède sous la main. On sait qu'un condensateur exerce une réaction d'un autre genre qui, tout en tendant aussi à s'opposer au courant, n'agit pas en en retardant la phase, mais en l'avançant. Cette propriété précieuse est depuis longtemps connue et utilisée en télégraphie sous-marine pour combattre la retardation des signaux. Mais quant à appliquer les condensateurs aux systèmes de distribution à courants alternatifs, on peut dire que le remède est trop héroïque pour le mal à combattre.

Mais on dispose d'un remède d'un autre genre, qui deviendra d'un usage général lorsqu'on en connaîtra les avantages. Pour l'expliquer il nous faut retourner aux moteurs synchrones. Il fut montré en 1868 par Wilde, et en 1879 par Hopkinson, que deux alternateurs peuvent marcher ensemble synchroniquement, l'un comme génératrice, l'autre comme réceptrice, laquelle tendant à opposer les pulsations de sa force électromotrice à celles de la force électromotrice active. En 1884, le Dr Hopkinson prédit en outre qu'un alternateur peut tourner comme moteur, même lorsque sa force électromotrice moyenne, est supérieure à celle du circuit, résultat vérifié en pratique par M. Mordey en 1890.

En 1892, M. Mordey montra à l'Institution of Electrical Engineers quelques nouveaux résultats, parmi lesquels une courbe très remarquable, donnant la relation entre le courant de l'armature et l'excitation des inducteurs, pour une certaine charge du moteur. Cette courbe présente la forme de la lettre V. Le point le plus bas correspond à un état de choses particulier; en ce point, le moteur excité à un certain degré, soutire au circuit principal, l'intensité minima de courant pour tourner à la vitesse voulue. Mais pour obtenir la même vitesse sous la même charge il faut, avec une autre excitation plus forte ou plus faible, une intensité de courant plus grande.

Cela peut sembler étrange; l'explication et les conséquences ne le sont pas moins. La valeur particulière de l'excitation pour laquelle le courant est minimum, correspond à la disparition de la différence de phase entre le voltage imprimé et le courant résultant.

Supposons, par exemple, que l'armature ait une résistance de 1/2 ohm, que le voltage d'alimentation soit de 100 volts, et qu'un courant de 10 ampères représente l'intensité minima; on trouverait que l'excitation correspondant à ces conditions serait telle que la force contre-électromotrice fût de 95 volts, puisque de par la loi d'Ohm (100-95) : $\frac{1}{2} = 10$. Mais maintenant, supposons qu'on diminue l'excitation; la machine tournant à la même vitesse produira moins de 95 volts, soit par exemple, 90 volts. Si aucun autre facteur n'intervenait, le courant atteindrait alors (100-99) : $\frac{1}{2} = 20$ ampères. Mais 20 ampères à 90 volts représentent une puissance plus grande que

Digitized by Google

10 ampères à 95 volts et qui dépasse celle qu'exige le moteur. Q'arrivera-t-il alors ?

La machine est synchrone et ne peut tourner plus vite. Elle tend à accélérer sa marche, avec ce résultat que la phase de ces réactions se trouve déplacée, et que le courant est décalé en arrière sur la force électromotrice imprimée, de sorte qu'en multipliant le produit des volts et des ampères par le cosinus de l'angle de décalage on retrouve la première puissance donnée par $95 \times 10 = 950$ watts. Le moteur synchrone, sous l'influence d'une excitation inférieure, agit comme une bobine de réaction et produit une chute inductive.

Mais continuons le raisonnement dans l'autre sens. Supposons que l'excitation soit augmentée de façon que les 95 volts deviennent 100 volts ; alors $(100-100) : \frac{1}{2} = 0$; et le courant tomberait donc à zéro, n'était le jeu des phases. Au lieu de s'annuler, le courant augmente au contraire, et ses pulsations sont en avance sur celles du voltage. En d'autres termes, le moteur synchrone, avec une excitation supérieure, agit comme un condensateur et tend à augmenter le voltage en compensant la chute inductive due à la self-induction dans d'autres parties du circuit.

L'auteur avait commencé des expértences de vérification sur la canalisation de la City of London Electric Lighting Company, mais il apprit que la General Electric Company, de Lynn, était arrivée aux mêmes conclusions, et avait appliqué ces propriétés dans la pratique. M. W. F. Parshall a communiqué à l'auteur les résultats suivants obtenus par cette Compagnie :

Dans une ligne où la self-induction joue un rôle, il est indifférent que le voltage nécessaire soit produit dans la génératrice ou dans le moteur, la tension moyenne sur la ligne étant à peu de choses près la moyenne entre ces deux voltages. Dans une transmission d'énergie à courants triphasés de 300 kilowatts, à Hartford, Connecticut, le moteur fut surexcité. Plus tard, cette disposition a été appliquée aux moteurs synchrones employés dans toutes les transmissions d'énergie de la Compagnie, de façon qu'en proportionnant la réaction d'armature et la surexcitation à la self-induction probable, on arrive à conserver les voltages constants sur le circuit quelles que soient les charges des machines.

Un avantage secondaire résulte encore de ces faits : dans les cas de transmission entre une génératrice et un moteur unique, les deux machines peuvent être de construction identique, au lieu que le moteur doive être plus petit que la génératrice. En outre, la régulation de la tension sur un réseau étendu, au lieu d'être plus difficile quand on alimente beaucoup de moteurs, est, au contraire, plus aisée, à la condition que les moteurs soient du type synchrone surexcité. Car l'accélération de phase qu'ils produisent sur le courant ne tend pas seulement à compenser la chute inductive dans les conducteurs et les transformateurs, mais tend encore à réagir jusque sur les génératrices de la station centrale, en agissant sur celles-ci comme le ferait un enroulement compound, et les aidant à combattre non-seulement la chute inductive, mais encore la chute ohmique entre les appareils d'utilisation et les points de distribution, de même qu'entre ceux-ci et la station génératrice.

Si manifeste est cet avantage qu'il semble indiqué d'établir en un ou plusieurs nœuds d'un réseau, aussi loin que possible de la station centrale, des moteurs synchrones surexcités agissant comme des condensateurs, et dans le circuit primaire pour fournir le courant déwatté pour l'aimantation des transformateurs.

En considérant ces possibilités offertes aux courants alternatifs, et les avantages en ce qui concerne la distribution de la force motrice, on ne saurait douter que la grande majorité des stations centrales de l'avenir seront des usines produisant des courants alternatifs.

Digitized by Google

Sur les courbes de la force électromotrice et du courant des différents types d'alternateurs et leur influence sur la puissance lumineuse des lampes à arc, par G. Rœssler et W. Wedding (1).

II. PARTIE PHOTOMÉTRIQUE

La lampe examinée est du type différentiel de la maison Kœrting et Mathiesen, avec réflecteur à émail blanc disposé à peu de distance au-dessus de l'arc, de sorte que toute la lumière est rejetée au-dessous de l'horizontale.

Pour la courbe de courant particulière à chaque machine, la lampe dût être réglée différemment, et après quelque tâtonnement ce réglage était assez précis pour ne pas permettre de variations de voltage supérieures à 0,3 volt. Afin d'obtenir une combustion parfaitement constante on ne commençait les mesures qu'une ou deux heures après l'allumage.

Les charbons employés étaient des crayons Siemens et Co, à mèche et de 10 mm. de diamètre.

Comme sources de comparaison, on employait des lampes à incandescence alimentés avec un voltage un peu supérieur à la tension normale, pour obtenir une lumière blanche. Après chaque série de mesures la puissance lumineuse des lampes à incandescence était comparée avec celle d'une lampe-étalon Hefner (2).

La distribution de la lumière a été examinée en déterminant sous 15 à 19 angles différents l'intensité lumineuse dans deux quadrants opposés.

Le circuit de la lampe à arc contient une résistance sans induction aux bornes de laquelle on mesure la tension à l'aide de l'électromètre pour la détermination de la courbe de courant. Il y a en outre un ampèremètre Schuckert (système Hummel), une balance de Thomson pour la vérification de l'instrument précédent, un wattmètre Helios et un voltmètre Cardew. Chaque instrument était desservi par un observateur.

L'étalonage du voltmètre était fait à l'aide de l'électromètre, celui de l'ampèremètre à l'aide de la balance, et celui du wattmètre par l'emploi simultané des deux instruments.

Comme il s'agissait de faire des lectures simultanées sur les instruments électriques et aux deux photomètres placés de part et d'autre de la lampe, et que les lectures à la balance de Thomson auraient rendus cette simultanéité assez difficile, ce dernier instrument n'a été employé que pour l'étalonnage.

On trouva pour l'ampéremètre Schuckert qu'avec le courant fourni par la machine Ganz à la fréquence de 4800 alternances les lectures devaient être multipliées par le facteur 1,311. Pour la machine Wechsler, à la même fréque, le facteur de correction était 1,018 et enfin, pour la machine Siemens et Halske à 7200 et 9600 alternances le facteur était 1,013.

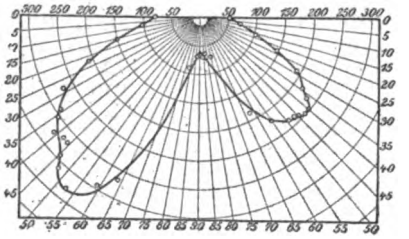


Fig. 12.

Le graphique fig. 12 donne les résultats obtenus avec la machine Ganz et Cie; il indique la puissance lumineuse (nombres de la rangée horizontale supérieure) sous les différents angles, la puissance lumineuse est exprimée en unités Hefner.

Les variations qui se produisent dans les mesures sous des angles de 30 à 60 degrés sont attribuables en partie à l'action du réflecteur, et en partie à la combustion non régulière des charbons. Le réflecteur ne présente pas une surface assez régulière pour qu'on puisse la considérer comme un miroir de forme parfaite et l'homogénéité des charbons n'est pas telle que de petites différences de densités ne puissent y exister et influer sur la

(1) Voir l'*Eclairage électrique* du 13 octobre 1894, p. 216.

(2) L'étalon Hefner vaut 0,86 bougie normale.

Digitized by Google

forme des pointes. Mais ces variations ne s'observent qu'à la photométrie, dans la pratique elles n'ont aucune importance.

On trouve les valeurs moyennes suivantes :

Voltage	29,7	volts
Intensité de courant..	9,4	ampères.
Puissance électrique..	262	watts.
Puissance lumineuse moyenne au-dessous de l'horizontale, par watt..	0,716	unité Hefner.

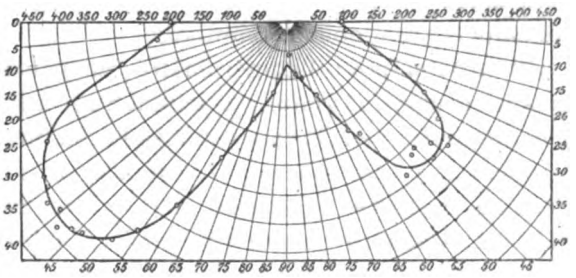


Fig. 13.

La figure 13 contient les résultats fournis par la machine Wechsler; les moyennes sont :

Voltage	31,1	volts.
Intensité de courant..	9,3	ampères.
Puissance électrique..	286	watts.
Puissance lumineuse moyenne par watt.....	1,003	unité Hefner.

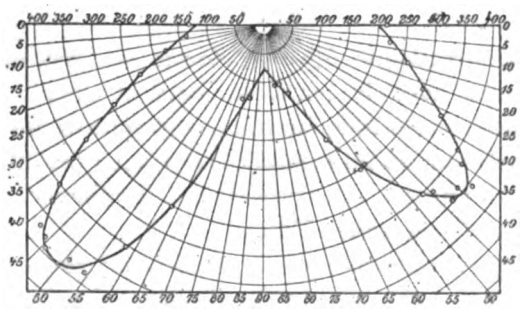


Fig. 14.

Enfin, dans la figure 14 sont indiqués les résultats obtenus avec la machine Siemens et Halske. Moyennes :

Voltage.	31,0 volts
Intensité de courant	9,1 ampères
Puissance électrique	269 watts
Puissance lumineuse moyenne par watt. . .	1,078 unités Kefner

Le tableau suivant résume toutes les séries d'expériences faites sur les trois machines :

Machine	Fréquence	Voltage volts	Courant ampères	Puissance watts	Puissance lumineuse moyenne par watt en unités Hefner
—	—	—	—	—	—
Ganz et Cie	4800				0,710
Wechsler .	4800	31,1	9,4	287	1,024
Siemens et Halske .	7200	31,0	9,5	272	1,050
—	9600	31,0	9,05	269	1,110

On voit qu'à fréquence et puissance électrique égales les puissances lumineuses développées par watt se trouvent pour les deux premières machines dans le rapport da 7 à 10. Il résulte des courbes du courant et du voltage déterminées simultanément, que la production de lumière à l'aide de la machine Ganz ne suit qu'imparfaitement les brusques variations de la courbe, et que le travail électrique est mal utilisé. Pour la courbe à variation plus lente fournie par la deuxième machine, la production de lumière est bien plus efficace et dépasse la précédente de 44 o/o. Pour produire le même éclairement il faut donc, à voltage et courant égal, employer dans le premier cas 3 lampes, dans le second seulement 2.

La machine de Siemens et Halske ne pouvait produire la tension voulue qu'aux deux fréquences supérieures indiquées. Les valeurs moyennes indiquent tout d'abord une augmentation de la puissance lumineuse de 6 o/o, pour une élévation de fréquence de 33 o/o. Cette augmentation avec la fréquence n'est pas inadmissible. M. Blondel(1) considère cette relation comme certaine. Mais les observations ne suffisent pas encore pour établir la loi de ce phénomène.

Par contre, les observations indiquent également pour la troisième machine, que la puissance lumineuse est affectée par la forme de la courbe du courant. La courbe de la figure 10 (p. 222) présente, il est vrai, deux périodes de variation rapide ; mais entre ces

(1) *La Lumière électrique*, t. XLII, p. 619.

Digitized by Google

deux périodes elle conserve pendant un certain temps une valeur assez constante.

La forme des courbes permet de déduire quelques conclusions importantes relativement à la puissance lumineuse de la lampe à arc.

Si l'on forme pour les courbes de la machine Ganz, le rapport de la moyenne des intensités de courant à la valeur mesurée, c'est-à-dire à la racine carrée du carré moyen, on obtient pour ce rapport

$$\frac{I_{moy.}}{\sqrt{I^2_{moy.}}}$$

la valeur 0,656 (voir tableau suivant).

	$\frac{E_{moy.}}{\sqrt{E^2_{moy.}}}$	$\frac{I_{moy.}}{\sqrt{I^2_{moy.}}}$
Machine Ganz.....	0,783	0,656
Machine Wechsler'.....	0,906	0,207
Machine Siemens et Halske..	0,897	0,911

Pour la machine Wechsler ce facteur prend la valeur 0,907, tandis que pour une courbe sinus il est de 0,900.

Comme la valeur 0,907 est supérieure de 28 o/o à la valeur 0,656, et comme la mesure photométrique n'atteint pas la précision des

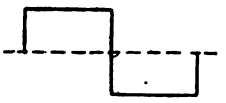


Fig. 15.

mesures électriques, on peut admettre que la différence de 30 o/o entre les deux résultats photométriques du tableau de la page précédente représente cette différence de 28 o/o que nous venons de trouver. On pourrait donc conclure que la production de lumière d'une lampe à arc dépend de la valeur moyenne de l'intensité de courant.

Si l'on cherche à faire

$$\frac{I_{moy.}}{\sqrt{I^2_{moy.}}} = 1,$$

il faudrait obtenir la courbe de la forme indiquée par la figure 15, qui donnerait le maximum de lumière. Vers cette forme tend la courbe de la machine Siemens, et la supériorité du rendement lumineux pourrait être attribuée à cette circonstance. Malheureusement les observations sur cette machine ne sont pas suffisamment nombreuses pour permettre de conclure d'une façon certaine. Mais pour les deux premières machines on remarque que si l'on réalisait un courant de la figure 15, et en admettant que la puissance lumineuse par watt varie avec l'intensité moyenne du courant, on passerait d'une puissance lumineuse de 1,024 au maximum 1,13. Il semblerait donc avantageux de ne construire que des machines donnant une courbe s'approchant de celle de la figure 15. Toutefois, l'emploi général de courbes de ce genre n'est pas sans inconvénient.

En effet, sous l'influence du courant de la machine Ganz la lampe fait entendre, en plus du bourdonnement bien connu, un ronflement très bruyant, dont le siège n'est pas dans le mécanisme régulateur mais bien entre les charbons dans l'arc. Ce bruit est tellement intense, que la lampe ne semble pas pouvoir être employée dans ces conditions à l'intérieur de locaux clos.

Avec la machine Siemens, le bruit secondaire disparaît, mais le bourdonnement particulier au courant alternatif est très intense.

Avec la machine Wechsler la lampe fonctionne presque silencieusement.

Les mêmes faits ont été observés avec une lampe Helios.

Si l'on tient compte de ces phénomènes secondaires, on est amené à conclure que le meilleur résultat est obtenu avec les courbes s'approchant de la sinnsoïde pure. La production de lumière est dans ce cas assez avantageuse et le fonctionnement de la lampe est satisfaisant.

Pour terminer, nous établirons une comparaison entre les rendements lumineux d'une lampe à arc alimentée avec du courant continu ou des courants alternatifs.

Ainsi que nous l'avons dit, la lampe à courants alternatifs est munie de charbons à mèche de 10 mm. de diamètre absorbant 10 ampères. Si l'on prenait pour une lampe à courant continu un charbon à mèche de 10 mm. de diamètre, il faudrait lui adjoindre un crayon homogène de 3 mm. de diamètre;

Digitized by Google

mais le courant employé ne serait alors que de 3 ampères. Pour 10 ampères le charbon à mèche doit avoir environ 18 mm. de diamètre et le charbon homogène 10 mm. En outre, la dépense d'énergie est plus grande dans une lampe à courant continu de 10 ampères que dans une lampe à courants alternatifs pour la même intensité de courant.

L'expérience a été faite avec une lampe différentielle Siemens avec crayon à mèche de 10 mm. et crayon homogène de 3 mm. Avec un voltage constant de 46,85 volts et un courant moyen de 9,27 ampères, la production de lumière (moyenne au-dessous de l'horizontale) a été de 2,84 unités Hefner par watt. Ce chiffre est relativement élevé, il montre que la lampe à courant continu donne plus de lumière que celle à courants alternatifs, à égalité de puissance.

Il est vrai que dans les expériences avec le courant alternatif la surface réfléchissante défectueuse du réflecteur joue un certain rôle : elle ne renvoie que 70 o/o de la lumière reçue.

D'après des résultats publiés par M. Heim une lampe à courant continu de 6,8 ampères et 42,4 volts donnait 2,65 unités Hefner par watt. Si nous plaçons deux de ces lampes en tension sur une différence de potentiel de 110 volts, et d'autre un voltage équivalent, nous obtenons au point de vue de la production de lumière les résultats suivants.

A 110 volts et 6,8 ampères, la puissance totale en courant continu et de 748 watts, dont

$$2 \times 6{,}8 \times 42{,}4 = 576{,}6 \text{ watts}$$

sont utilisés pour la production de lumière dans les deux lampes ; 171,4 watts sont absorbés dans des résistances additionnelles. La puissance lumineuse produite est de

$$576{,}6 \times 2{,}65 = 1528 \text{ unités Hefner}$$

comme moyenne sphérique au-dessous de l'horizontale. Avec les lampes à courants alternatifs absorbant 9,42 ampères, toute la puissance est utilisée et l'on obtient avec une courbe sinnsoïdale d'après nos expériences

$$4 \times 286{,}8 \times 1{,}024 = 1175 \text{ unités Hefner}$$

Dans ces conditions, le courant continu nous donne donc également plus de lumière que le courant alternatif.

A. H.

Le nouveau câble transatlantique de l'Anglo-american Telegraph Company, par A. Dearlove (1)

L'heureux achèvement de ce câble est une occasion de passer en revue les progrès faits dans la construction des câbles, progrès dont ce nouveau câble transatlantique, le quinzième, est le résultat. Le développement du trafic télégraphique entre l'Angleterre et l'Amérique a rapidement augmenté, et l'Anglo-american Telegraph Company, pour assurer le service le plus rapide possible décida récemment de poser un câble permettant de réaliser une vitesse de transmission exceptionnellement élevée. Les ingénieurs de la Compagnie, MM. Clark, Forde et Taylor établirent le projet du câble en basant leurs calculs sur une vitesse à atteindre de 40 mots à la minute.

Depuis l'adoption de la transmission automatique au commencement de 1888, la vitesse de transmission qui dépendait jusqu'alors de l'habileté opératoire de l'employé a été augmentée constamment et s'approche des limites imposées par les constantes électriques des lignes. Dans une âme formée de substances données, ces constantes dépendent, comme on sait, des dimensions respectives du conducteur et de l'isolant et il est important de faire un choix judicieux des poids relatifs des différentes matières entrant dans la constitution d'un câble.

Le coût de l'âme est principalement déterminé par le poids du diélectrique, et la vitesse de transmission par celui du conducteur ; ce dernier toutefois se trouve limité par la néces-

(1) *The Electrician*, 12 octobre 1894.

Digitized by Google

sité de conserver pour des raisons mécaniques et de fabrication, une couche isolante d'épaisseur suffisante.

Le problème revient donc à obtenir la vitesse de transmission voulue avec la moindre dépense, et dans le cas qui nous occupe les ingénieurs trouvèrent que l'âme devait avoir un conducteur pesant 650 livres par mille nautique, ou 159 kilogrammes par kilomètre, isolé de gutta-percha au poids de 98 kilogrammes par kilomètre.

En ce qui concerne la construction mécanique du câble, les sections représentées par les figures ci-après sont reproduites d'après des photographies des types employés (fig. 1 à 6).

La longueur fabriquée a été de 1952 milles, ou 3620 kilomètres, dont le poids total est supérieur à 5000 tonnes. Le type le plus important dont il est principalement question ici, est le câble de grands fonds de 1000 à 2000 brasses (1500 à 4000 mètres).

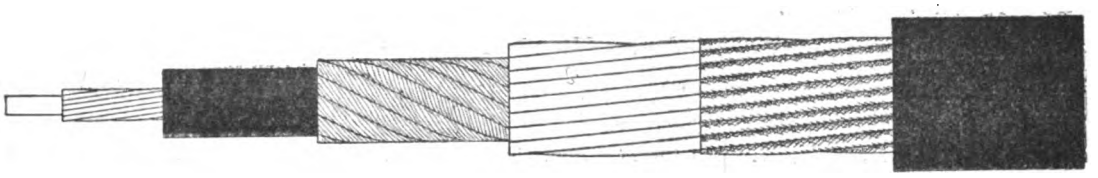
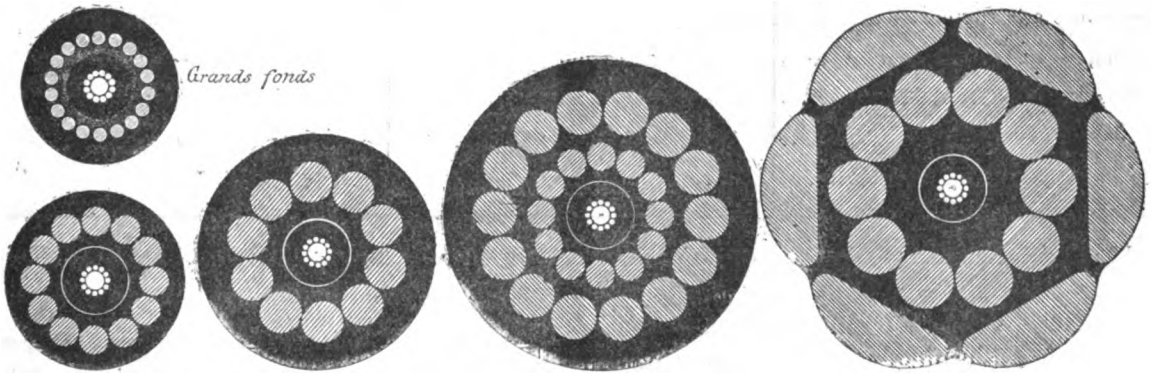


Fig. 1. — Différentes couches du câble de grands fonds (4/5 grandeur naturelle).



Intermédiaire léger Intermédiaire fort Atterrissement Terre-Neuve Atterrissement Irlande

Fig. 2 à 6.

Pour de très bonnes raisons les ingénieurs cherchent à combiner une grande résistance à la traction et un faible poids spécifique avec les qualités assurant la durée du câble, et à moins que quelque nouvelle matière autre que l'acier et possédant les propriétés voulues vienne en usage, il semble improbable que le type dont il est question reçoive des perfectionnements importants.

Il y a une vingtaine d'années la question la plus importante était d'arriver à construire un câble pouvant être posé en eau profonde, et sur ce point compagnies et constructeurs étaient du même avis ; mais dans la pratique moderne, en dehors de la précédente condition, les compagnies télégraphiques et leurs ingénieurs ont insisté sur la nécessité d'établir un type qui, quoique moins facile à poser, assure plus de durée et soit plus facile à relever pour les réparations, après de longues années de séjour au fond de la mer.

Auparavant, il semble que l'on ait considéré les mérites d'un câble de grand fonds comme pouvant être exprimés en fonction de la longueur de ce câble qu'il pouvait lui-même supporter sans rupture, étant suspendu verticalement dans l'eau. Ce renseignement présente sans doute une certaine valeur, et

Digitized by Google

une grande longueur de rupture (5000 à 10 000 brasses, par exemple), implique d'excellentes qualités au point de vue de la pose ; mais en ce qui concerne le relevage, la tension de rupture exprimée en tonnes est d'importance au moins égale.

On n'immerge pas de câble dans des fonds de 5000 à 10 000 brasses, on n'en immergera jamais, et la condition d'où dépend la possibilité de relever le câble dans les fonds existants est en réalité la marge possible entre la résistance à la rupture et le poids de la partie suspendue du câble.

Le poids lui-même ne constitue qu'un des facteurs de la tension de relevage ; il y a aussi le frottement du câble dans l'eau, qui dépend de la vitesse de relevage, de la nature et de la section de la partie suspendue, mais est indépendant du poids spécifique du câble. Dans un câble dit « léger » la tension due au frottement peut très bien être supérieure à celle due seulement au poids mort du câble.

Le tableau suivant indique les données mécaniques des types de câbles transatlantiques de grands fonds adoptés en 1894, et ceux usités il y a vingt ans :

	CABLE 1894	CABLE 1873
Armature	Fil d'acier 2 mm. chaque filet enduit et entouré de ruban	Fil homogène 3 mm. chaque fil couvert de chanvre enduit
Enveloppe extérieure	Deux rubans enduits	Guipage de jute
Résistance à la rupture	8,3 tonnes	6,5 tonnes
Allongement	4 0/0	—
Poids dans l'air	2,04 tonnes	2,28 tonnes
— — l'eau	1,155 —	0,945 —
Poids spécifique	2,3 —	1,7 —

La résistance du câble 1894 est supérieure de près de 30 o/o à celle du type composé de fer et de chanvre. De plus, dans le premier, chaque fil est protégé de la corrosion par un enduit à la gutta-percha enveloppé encore d'un ruban. On prévoit que par ce fait les chances de pouvoir relever le câble après de longues années d'immersion sont notablement augmentées.

Fig. 7.

Comme nous l'avons dit, une âme de 160 kilogrammes de cuivre et 100 kilogrammes de gutta-percha au kilomètre a été adoptée. On en voit la section dans la figure 7, en grandeur naturelle. Les données du tableau ci-dessous s'appliquent à cette âme ; à titre de comparaison on a ajouté leschiffres relatifs aux anciens câbles transatlantiques.

	1894	1873
Poids du conducteur, au km	160	100
Poids de l'isolant	100	100
Résistance par km., en ohms	0,909	1,58
Capacité par km. en microfarads.	0,226	0,19
Diamètre de l'âme, en mm	12	11,7
Charge de rupture en kg	450	—
Rapport de la productivité au coût d'établissement	1,55	1,00

Jusqu'à ce que l'on ait trouvé comment fabriquer une âme possédant les propriétés du « circuit sans distorsion » de M. OlivierHeaviside, on peut dire qu'on a réalisé un progrès dans la bonne voie en augmentant libéralement le poids du conducteur.

Le prix de la gutta-percha étant de six à sept fois celui du cuivre, les avantages de la réduc-

Digitized by Google

tion de poids du diélectrique sont évidents ; mais il faut aussi remarquer que l'alourdissement du conducteur n'affecte guère le diamètre de l'âme, et n'augmente pas semblement le coût de l'armature ni les frais de transport.

Ce principe ne doit pas, toutefois, être poussé trop loin, et dans son application il convient d'être prudent.

Le contrat pour la construction du câble 1894 fut signé entre la Compagnie anglo-américaine et la Telegraph Construction and Maintenance Company, le 23 février 1894, et le câble était terminé et embarqué prêt pour la pose le 30 juin suivant.

Les câbles d'atterrissement à la côte irlandaise furent inmergés en mai, sous la direction de M. P.-R. Lucas, ingénieur en chef des contractants, dont les steamers « Scotia » et « Britannia » effectuèrent la pose.

M. Herbert Taylor fit partie de l'expédition comme ingénieur. Le câble fut posé entre Terre-Neuve et l'Irlande dans des conditions atmosphériques peu favorables. On rencontra beaucoup de glaces, et la persistance du brouillard gêna beaucoup la fixation de la position des navires. Le câble fut déroulé avec une moyenne de 9 0/0 de mou, et la tension dynamométrique, avec une vitesse d'immersion de sept nœuds à l'heure, était comprise entre 850 et 900 kilogrammes par 1000 brasses de fond.

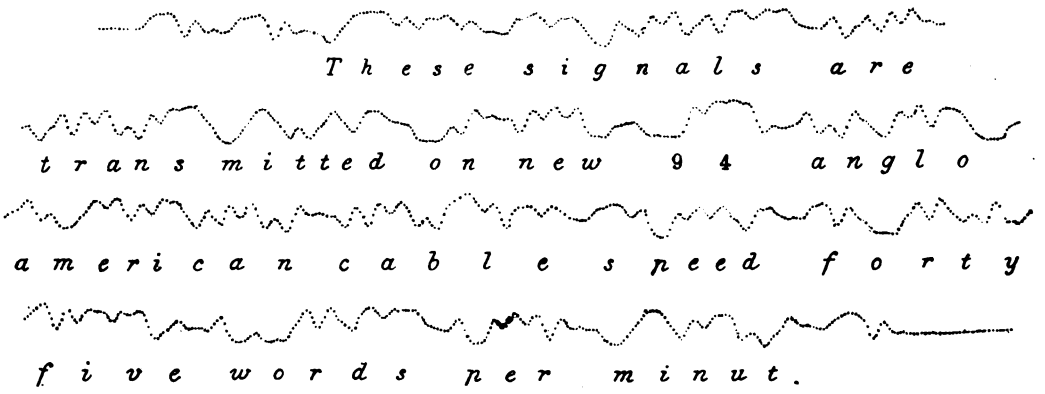


Fig. 8

On voit qu'avec ce type de câble lourd la machinerie doit être munie de freins puissants, car dans des fonds de 2500 brasses la tension à supporter atteint 2250 kilogrammes, ce qui, à la vitesse de sept nœuds à l'heure, implique une absorption d'énergie équivalant à plus 100 chevaux.

Le câble était complètement posé le 27 juillet, et les essais montrèrent qu'il était dans des conditions électriques parfaites. Sa longueur est de 1847, 54 milles marins, soit 3420 kilomètres.

Les résultats principaux des essais sont donnés ci-dessous.

Résistance du diélectrique mesurée au galvanomètre en laissant le courant pendant une demi-heure dans les deux sens : 103,000 mégohms par kilomètre.

Avec l'électromètre, après charge d'une demi-heure à 100 volts

Temps, minutes	Perte de charge 0/0	Résistance en mégohms par km.
5	0,85	154 000
10	1,64	160 000
15	2,49	159 000
20	3,33	156 000
25	4,06	159 500
30	4,83	160 500

Digitized by Google

La résistance moyenne de l'âme essayée à 24°, était de 1180 mégohms par kilomètre, après une minute d'électrification.

La résistance totale est de 3107 ohms.

Pour la détermination de la capacité, on a fait 60 observations, avec différents temps de charge (de 5 à 60 secondes), 10 observations environ pour chaque temps de charge. La moyenne donne une capacité totale pour le câble posé de 775,26 microfarads, soit 0,226 par kilomètre.

La figure 8 est un fac-simile des signaux reçus à Heart's Content en employant un transmetteur automatique perfectionné, et travaillant en duplex.

La vitesse réellement obtenue pour les dépêches ordinaires est de 47 à 48 mots de cinq lettres à la minute, et pour les dépêches de presse on peut aller à 50 mots par minute. La vitesse de transmission théorique, avec un produit C R de $2{,}42 \times 10^6$ est, d'après les tableaux dressés par l'auteur, de 48,8 mots par minute.

Vitesse de transmission sur les câbles de la Compagnie anglo-américaine, en mots de cinq lettres par minute.

	Vitesse possible	Vitesse de service
1873	30	28
1874	30	28
1880	25	24
1894	50	47,8
Totaux...	135	127,8

Les quatre câbles sont montés en duplex, ce qui double la puissance de transmission des lignes.

En ajoutant ce nouveau câble à son système sous-marin, la Compagnie anglo-américaine s'est assuré la possibité de transmettre une énorme quantité de dépêches dans le moindre laps de temps.

A. H.

Téléphone de la Western Electric C° (1894)

Ce téléphone est spécialement destiné à la transmission des sons musicaux : orchestre, chants, etc., il doit donc pouvoir transmettre sans résonances les sons les plus faibles et les plus puissants.

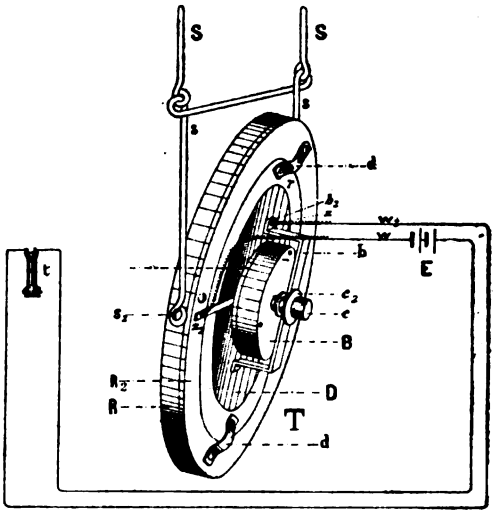


Fig. 1.

Le diaphragme en bois D, de 90 mm. de diamètre, entouré d'une garde en caoutchouc, est maintenu par des ressorts *d* sur un cadre en bois R, renforcé par un anneau métallique R_2; il est attaché par un bouton *n* à la tige

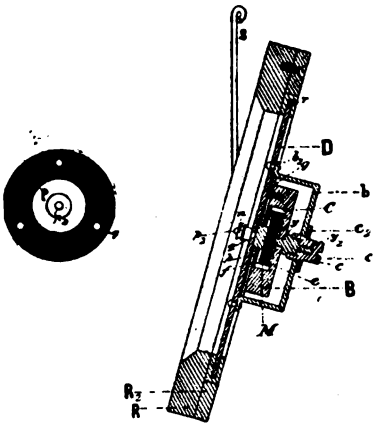


Fig. 2 et 3.

$p_2 q$ de l'une des électrodes en carbone *f*. Cette tige traverse une toile métallique très mince *g*, fixée par des vis à la chambre en ardoise CB imperméable à la chaleur et à l'humidité, et sur laquelle elle fait joint par une feuille de papier

Digitized by Google

buvard, de manière à fermer cette chambre *c* sans empêcher la circulation de l'air de part et d'autre de *f*. La seconde électrode *e* peut être réglée par sa tige *g*, filetée en g_2 dans la vis *c*. Le carbone pulvérulent M, compris entre les deux électrodes, est constitué de préférence par de l'anthracite carbonisé. L'électrode *f* est reliée au fil *w* par la lame a_2, et *e* à w_2 par $a\ b_2$, avec pile E. Le tout est suspendu par des crochets *s* S, faciles à installer.

G. R.

Parafoudre Gibboney (1894)

Ce parafoudre est constitué par une nappe d'eau tombant de G en E, ou (figure 2) projetée de E et D par une pompe F, et reliant les deux câbles B et B' du circuit C par une résis-

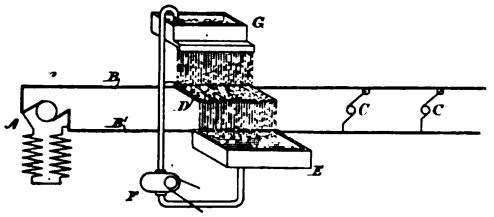


Fig. 1.

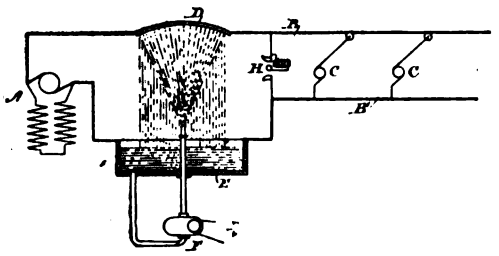


Fig. 2.

tance assez élevée pour ne provoquer aucune fuite appréciable, mais susceptible de céder, isolément ou concuremment avec un parafoudre ordinaire H, à une décharge disruptive en C.

G. R.

Pile portative Hoggson (1894)

Cette pile est constituée (fig. 1 et 2) par une série d'auges A en carbone ou en métal, dont le fond élastique *a* (fig. 6) est appuyé sur l'élément négatif *a'* de l'auge inférieure, à l'exception de la dernière, qui repose sur le ressort B du fond métallique *c*. Le tout est enfermé dans un tube isolant *c'*. Le fond C à ressort D (fig. 4

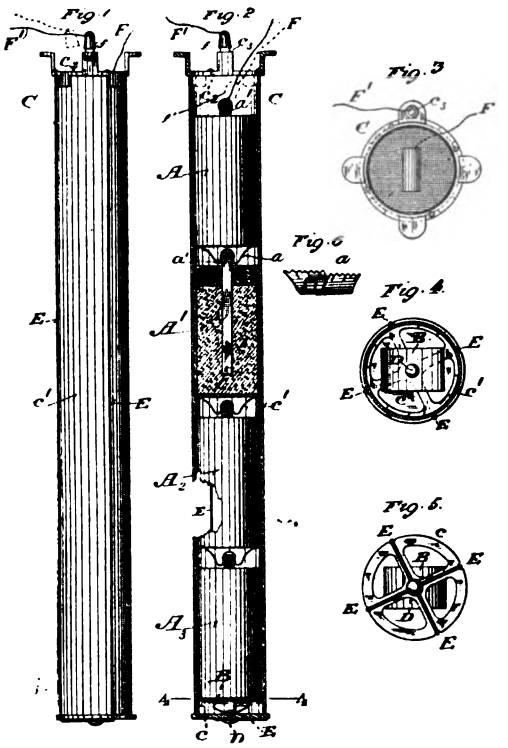


Fig. 1 à 6. — Pile portative Hoggson.

et 5) est relié par des fils E E au couvercle c_2, dont la borne c_3 est reliée au fil F' par un capuchon *f*. L'autre fil F' étant relié à l'élément *a'* supérieur par un capuchon F' (fig 3).

G. R.

Ampéremètre Reed (1894)

Cet ampéremètre, spécialement disposé pour les distributions à 3 fils, a ses connexions arrangées de manière que son fonctionnement ne puisse pas être interrompu par la rupture du plomb de sûreté de l'une des branches du circuit.

A cet effet on a ajouté au compteur proprement dits qui est, par exemple, un compteur

Digitized by Google

moteur Thomson-Houston (1, 2, 3), un électro-aimant 15, ordinairement relié au conducteur négatif *q* du circuit à 3 fils (7, 8, 9), par 8, 34, 36, 37, 13, 9, au travers d'une résistance H R d'environ 2000 ohms, tandis que l'armature 3 l'est aussi par (34, 8, 35, 38, 31, 20, 30, 39, 40, 24, 32, 2*v*, 19, 29, 41) et la résistance L R de 1000 ohms. Si le compteur vient à être

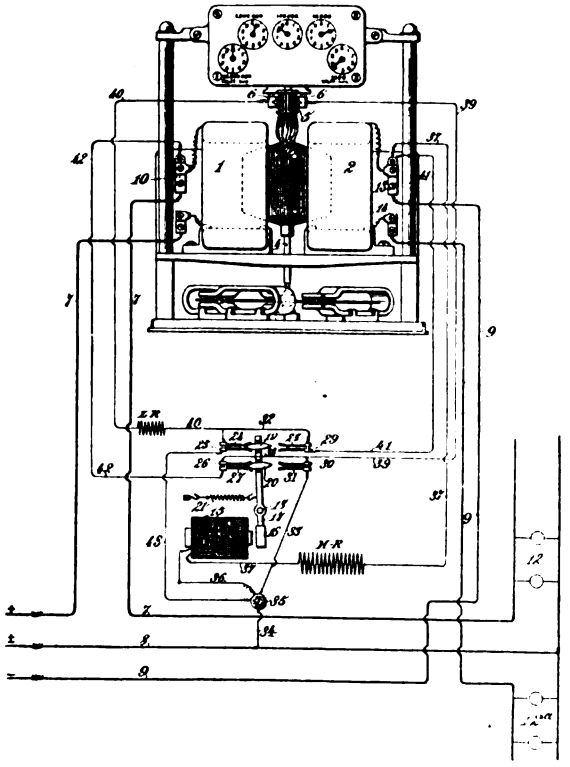


Fig. 1. — Ampèremètre Reed.

séparé du conducteur négatif 9, l'électro 15 cessant d'attirer son armature, le ressort 21 amène les contacts 19 et 20 sur 24 et 27, comme l'indique la figure 1, de sorte que le circuit de l'armature 3 est alors relié au conducteur positif 7 par la dérivation (10, 42, 27, 20, 26, 33, 30, 39, 40, 24, 19, 25, 43, 35, 34, 7), sans y changer le sens ni l'intensité du courant.

G. R.

Ampéremètre Knowles (1894)

Le courant admis par les bancs B B traverse l'anneau D (fig. 5) entouré par les armatures I I de l'aiguille h_2 et profilé de manière que ces armatures se rapprochent de ses bords quand l'aiguille tourne vers la droite (fig. 1). Les fils

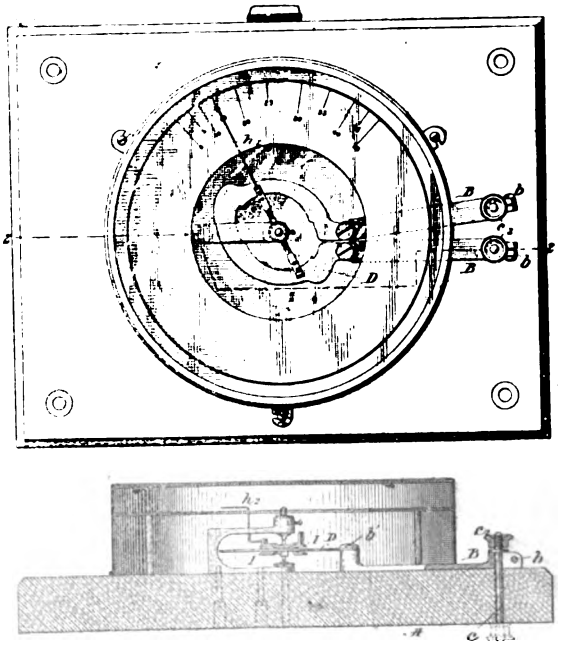


Fig. 1 et 2. — Ampèremètre Knowles, plan et coupe 2. 2.

qui amènent le courant sont pincés entre la rondelle des boulons *c* et leurs écrous c_2, qui peuvent se placer au-dessus ou au-dessous du

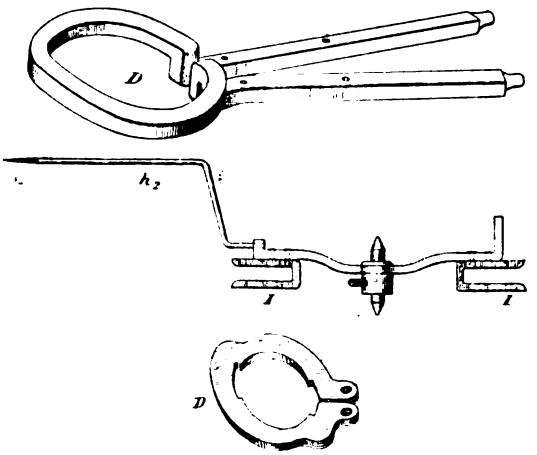


Fig. 3, 4 et 5. — Ampèremètre Knowles. Détail de l'anneau D et de l'aiguille.

socle A; les boulons *c* sont saisis par les pinces *b* des bras B B.

Pour les courants très intenses, l'anneau D

Digitized by Google

est constitué par plusieurs lamelles (fig. 5) ou par une grosse barre solidaire des bras B (fig. 3).

G. R.

Sur le transmetteur automatique des ordres de route. par M. le lieutenant de vaisseau H. Bersier (1).

L'instrument de navigation que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie a pour objet la transmission automatique, à distance, des indications du compas étalon. Ces indications se produisent en différents points du navire sous forme de signaux qui, d'une part, renseignent le Commandant et l'Officier de quart sur le degré de rectitude de la route ; de l'autre, font gouverner l'homme de barre au moyen d'ordres précis. De là, le nom de *transmetteur automatique des ordres de route*, donné à cet appareil. Utile à bord de tous les navires, il le sera d'autant plus sur les cuirassés et sur les croiseurs modernes que, là, les compas de route sont toujours placés dans des régions où le champ magnétique est des plus raréfiés. Ces compas ont, par suite, une sensibilité tout à fait insuffisante.

Le problème du compas avertisseur a tenté de nombreux chercheurs. Tous sans exception pensaient pouvoir utiliser le heurt de l'aiguille contre des contacts fixes, pour fermer le courant de deux sonneries. Mais la rose est un mobile bien trop délicat pour qu'on puisse l'effleurer en aucune façon ; ces chocs l'affolaient, enlevant toute valeur à ses indications. D'ailleurs la fermeture et la rupture du courant étaient très aléatoires.

L'adoption générale de la rose si parfaite de Sir W. Thomson, qui ne pèse que 12 grammes et dont le moment magnétique est très faible, rendait encore plus illusoire toutes tentatives de cette voie.

J'ai pensé que l'étincelle d'une bobine de Ruhmkorff pourrait constituer un lien suffisamment immatériel entre un point de cette rose et un certain nombre de lames verticales isolées, réparties sur la paroi interne de la cuve du compas. Le courant, étant alternatif et d'une intensité d'ailleurs infime, ne dévierait pas la rose. L'expérience a pleinement justifié cet espoir. Dès lors l'appareil a pu être établi comme suit :

Le courant induit d'une bobine arrive au pivot du compas, saute par étincelle de 1 mm. sur la chape, suit un fil d'aluminium, formant rayon du point nord de la circonférence de la rose. C'est de l'extrémité de ce fil que jaillit en permanence l'étincelle, trait d'union de 3 mm. de longueur, sur l'une de six lames reliées à six électro-aimants que le courant induit traverse par conséquent dans son retour à la bobine. Chacun de ces électro-aimants actionne la palette d'un relais, qui envoie le courant général du bord dans une des six petites lampes placées devant l'homme de barre. Il y a d'ailleurs autant de systèmes de six lampes qu'on en veut placer en divers points du navire. C'est également le courant général du bord qui alimente le circuit primaire de la bobine de Ruhmkorff.

Ainsi apparaît un principe nouveau et fécond : la distribution de l'énergie électrique par le déplacement relatif d'un corps aussi délicat que l'on voudra, sans troubler celui-ci en aucune façon, puisqu'on ne lui fait produire aucun effort, qu'en un mot il ne touche rien. Ce simple transport d'une étincelle peut du reste être l'origine de la mise en jeu d'une énergie aussi forte qu'on le désire. En particulier, celle-ci peut être appliquée à manœuvrer le servo-moteur du gouvernial, au lieu et place de l'homme de barre, supprimant ainsi ses inattentions et lui substituant un mécanisme d'un automatisme rigoureux. Les essais faits à bord du *Neptune* ne laissent aucun doute sur la réussite de cette extension, qui recevra avant peu la sanction de la pratique.

Pour le moment, ces essais ont mis en lumière la parfaite indifférence de la rose au courant induit, et l'excellence du mode de gouverner par signaux.

« En résumé, dit le rapport de l'escadre, il est acquis que l'on peut désormais gouverner,

(1) Comptes rendus, t. CXIX, p. 550.

Digitized by Google

d'une façon sûre et facile, d'après les indications automatiques d'un compas placé dans une position absolument quelconque par rapport à la barre. »

J'ajouterai que la Commission a jugé la route mieux tenue avec le *transmetteur* que par la lecture directe de la rose, et qu'elle a constaté que les inclinaisons notables du gouvernail qui réduisent toujours la vitesse étaient évitées. Cela s'explique, si l'on considère que l'appareil est caractérisé par un signal *zéro!* d'une sensibilité très grande L'embardée la plus minime est indiquée par l'extinction d'une des lampes centrales, phénomène des plus apparents.

Enfin, une des propriétés de cet instrument est aussi l'aisance avec laquelle il permet au commandant d'opérer les changements de route, par une simple rotation imprimée au couvercle-tambour porteur des lames.

Tel est le dispositif que j'ai l'honneur de faire fonctionner devant l'Académie.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES
ET DES
PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Par MM. J. BLONDIN et C. RAVEAU

Société Française de Physique

Séance du 2 novembre 1894

M. *Joubert*, président annonce la mort de M. *Deleuil*.

M. *Colardeau* expose les recherches qu'il a entreprises avec M. *Cailletet* sur la condensation des gaz par les métaux de la famille du platine. On sait, depuis longtemps, que les électrodes de platine d'un voltamètre absorbent les gaz et peuvent, quand on les réunit, fournir un courant de sens inverse au courant primitif. Cette disposition ne permet d'absorber qu'une très faible quantité d'énergie. Grove, a trouvé le moyen de produire des quantités de gaz beaucoup plus grandes et de les recombiner; mais le courant produit ainsi est très faible et ne peut être décelé que par des galvanomètres très sensibles. MM. Cailletet et Colardeau ont pensé qu'on pouvait combiner les deux expériences en employant des électrodes de mousse de platine. Ils mettent de 6 à 7 grammes de mousse dans un petit sac de soie, chaque morceau est relié à une tige de platine qui amène le courant. On fait passer un courant de 1 ampère pendant 0,5 minutes environ, jusqu'à ce que le dégagement de gaz commence franchement; on décharge dans un circuit de 2 ohms; la force électromotrice initiale est 1, 8 volt, le courant reste constant pendant un temps très court, puis diminue rapidement et s'annule au bout de 10″.

Il était naturel de chercher si la pression n'aurait pas pour effet de favoriser la condensation des gaz et par suite l'accumulation de l'énergie. Si l'on opère sous une pression de 15 atmosphères la force électromotrice initiale est sensiblement la même mais l'intensité du courant ne varie pas de la même façon; les deux courbes coïncident sensiblement environ sur la moitié de leur longueur, puis la seconde se sépare et descend très rapidement vers l'axe de t, qu'elle rencontre au point $t = 2$ minutes. Pour une pression de 25 atmosphères, l'allure générale est encore la même; au point de vue qualitatif la décharge peut actionner pendant plusieurs minutes une sonnerie de dimensions courantes. A partir de 50 atmosphères; les courbes se modifient; après une descente rapide, *il y a un léger relèvement*, le courant reste constant (0,5 ampère environ) pendant un temps assez long, puis descend, mais moins vite que dans le cas des faibles pressions. Les mêmes résultats s'obtiennent quand la pression croît jusqu'à 600 atmosphères; la durée du courant, dont l'intensité est environ 0,6 ampère, est de 40 minutes. L'appareil peut activer une sonnerie pendant plusieurs heures.

Le rendement est très élevé, si l'on décharge immédiatement après la charge, il peut atteindre 95 à 98 o/o.

Il est à penser que deux électrodes de platine de même poids n'absorbent pas, à saturation

Digitized by Google

des quantités équivalentes d'oxygène et d'hydrogène; on le constate facilement. Pour déterminer les poids relatifs de l'anode et de la cathode qui correspondent au rendement maximum, on opère successivement sur deux poids différents de chacune des deux électrodes, et on mesure le rendement; un calcul de proportion donne les rapports cherchés. Il faut que l'électrode négative pèse 3 fois plus que l'électrode positive. Dans ces conditions on obtient une capacité de 56 ampères heures par kilogramme de platine; le courant pendant la période de régime permanent pourrait atteindre 100 ampères par kilogramme. Ces nombres sont beaucoup plus élevés que pour le plomb.

Après avoir étudié le platine, les auteurs sont passés aux métaux de la même famille. L'iridium fournit les résultats très voisins de ceux qu'on obtient avec le platine.

Le ruthénium s'attaque légèrement dans l'eau acidulée par l'acide sulfurique; le liquide brunit au voisinage de l'électrode positive, mais l'attaque est assez lente pour qu'on puisse obtenir des courbes. L'allure générale est la même pour toutes les pressions; les courbes s'éloignent graduellement de l'axe des intensités; elles présentent une inflexion de plus en plus prononcée, mais sans jamais avoir de partie vraiment rectiligne.

Les résultats les plus intéressants ont été fournis par le palladium. Graham avait constaté que ce métal en lames n'absorbe pas sensiblement l'oxygène; MM. Cailletet et Colardeau ont retrouvé ce fait mais ils ont pu obtenir l'absorption à l'aide de la mousse; la capacité par kilogramme peut atteindre sous pression 176 ampères-heures; les courbes ne présentent pas le relèvement de celles du platine. La proportion de poids des électrodes qui correspond à la saturation simultanée est de 2 pour l'électrode positive et 1 pour l'électrode négative. Le rapport est en sens inverse pour le platine. Le palladium absorbe 2400 fois son volume d'hydrogène, la seconde électrode absorbe 600 volumes d'oxygène.

Les métaux précieux avaient été préparés sous forme de mousse par M. Joly. Les auteurs ont opéré sur la mousse d'or, obtenue par réduction du chlorure au moyen du gaz sulfureux. Les résultats sont analogues à ceux que fournit le platine.

Quand on passe aux métaux plus communs, argent, mercure, étain, nickel, cobalt, les mêmes phénomènes ne se retrouvent plus; l'argent se dissout lentement, la pression n'a plus d'influence. Il semble que dans tous ces cas, la polarisation des électrodes soit due à une action chimique et que le mécanisme de l'accumulation soit le même que pour le plomb.

Les résultats relatifs au charbon sont assez inattendus. La force électromotrice est sensiblement 1 volt à basse pression, elle ne varie pas beaucoup avec la pression. Ici encore il y a action chimique, car, en faisant dégager l'oxygène, on le retrouve presque entièrement sous forme d'acide carbonique.

La conclusion de ces travaux est que les métaux précieux seuls, semblent pouvoir servir à une accumulation analogue à celle des piles à gaz et que ces phénomènes ne présentent pas d'applications pratiques.

M. *Guillaume* présente une *expérience de démonstration des courants thermoélectriques.*

On forme une circonférence d'un fil d'alliage cuivre-nickel et on y soude au cuivre plusieurs diamètres de cuivre isolés les uns des autres. L'un d'eux porte une petite chape qui permet de rendre l'appareil mobile autour d'un axe vertical. Une partie de la roue est placée dans un champ magnétique normal à son plan. Si on chauffe les soudures il se produit des courants; ces courants qui circulent suivant les diamètres sont soumis à une force qui leur est perpendiculaire et la roue se met en mouvement.

M. *Lippmann* indique, au nom de MM. Lumière, un procédé d'argenture du verre. On emploie une solution ammoniacale d'azotate

Digitized by Google

d'argent et comme réducteur l'aldéhyde formique. Ce corps se trouve dans le commerce en dissolution à 40 o/o : on l'étend de 40 fois son poids d'eau et on mélange immédiatement à la solution d'argent. Il ne se produit pas cette boue noire habituelle dans le procédé Martin ; le dépôt qui se forme en quelques minutes renferme tout l'argent.

C. R.

Remarques sur les limites de l'électrolyse, par M. Berthelot (1)

L'auteur rappelle que la détermination de la force électromotrice minima susceptible de déterminer la décomposition chimique d'un sel ou d'un acide dissous, qui a été reprise dans ces derniers temps par M. Le Blanc et par M. Nourrisson, avait déjà été le sujet de ses propres recherches.

« J'ai établi par expérience (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. XXVII, p. 88 ; 1882) que, dans l'électrolyse d'un sel alcalin, dont l'acide et la base ne sont ni oxydés ni réduits pendant l'opération, la force électromotrice minima susceptible de déterminer l'électrolyse est sensiblement la somme de deux quantités, équivalentes, l'une à la chaleur absorbée par la séparation de l'acide et de la base en solutions étendues, l'autre à la chaleur de décomposition en oxygène et hydrogène de l'eau qui dissout ces corps. Il ne s'agit nullement ici d'une théorie sur la constitution des électrolytes, mais d'une *loi expérimentale indépendante de toute hypothèse*. En fait, cette loi prouve que la force électromotrice mise en jeu dans les conditions susdites dépend principalement de la différence entre l'état chimique initial et l'état chimique final, défini par la totalité des réactions, tant primaires que secondaires, accomplies par le courant. »

Ainsi, dans le cas du sulfate de potasse, la séparation de l'acide et de la base en solutions étendues exige 15,7 calories, la décomposition de l'eau, 34,5 calories par équivalent ; soit en tout 50,2 calories. Comme 1 volt équivaut à 23,2 calorie, il faut donc, d'après la loi précédente, 2,16 volts pour décomposer le sulfate de potasse. Or M. Berthelot a trouvé par l'expérience 2,20 volts et M. Le Blanc, par un autre procédé, a obtenu le même nombre; la loi est donc bien vérifiée.

D'un autre côté, M. Le Blanc a constaté que si on interpose un siphon rempli de sulfate de soude dissous, entre une dissolution de soude, mise en contact avec l'électrode platine-hydrogène, et une dissolution d'acide sulfurique, mise en contact avec l'électrode platine-oxygène, on obtient 1,92 volts pour le minimum de polarisation, en même temps qu'on observe un dégagement d'hydrogène et d'oxygène. Or le nombre 1,92 répond sensiblement à la force électromotrice indiquée par la loi de M. Barthelot pour la réaction opérée dans un semblable système, soit 2,1 volts.

M. Berthelot fait observer qu'il ne saurait guère en être autrement, les phénomènes qui déterminent l'électrolyse dans ces conditions étant, en somme, réciproques avec ceux de l'électrolyse ordinaire du sulfate de soude, sauf quelques complications accessoires, dues aux variations de potentiel et de température qui ont lieu aux contacts deux à deux des trois liquides consécutifs. Le système de ces trois liquides équivaut, en définitive, à un élément de pile, où l'énergie électrique serait empruntée principalement à une énergie chimique, représentée par l'union de l'acide sulfurique avec la soude. « On a donc là, dit-il, une preuve de plus de *l'origine électrique de la chaleur absorbée dans la séparation des sels en acides et bases* et une nouvelle confirmation de mes anciens résultats, d'autant plus frappante qu'elle a été obtenue avec l'intention de les contredire. »

Les expériences faites avec les autres oxysels alcalins confirment la loi.

Il en est de même dans le cas des fluorures alcalins dont l'électrolyse peut être présentée dans les mêmes termes que celle des sulfates,

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série t. III, p. 138-144 ; septembre 1894.

Digitized by Google

c'est-à-dire envisagée comme produite par une force électromotrice minima, équivalente à la somme de la chaleur de décomposition de l'eau et de la chaleur absorbée par la séparation du fluorure en base dissoute et acide fluorhydrique étendu.

L'électrolyse des chlorures, bromures et iodures ne peut être envisagée de la même manière car on n'a pas, comme avec les oxysels et les flourures alcalins, un dégagement d'oxygène à l'anode, mais mise en liberté des corps halogènes qui peuvent d'ailleurs réagir sur la solution. Suivant les vues de M. Berthelot, la force électromotrice minima nécessaire pour la décomposition électrolytique des chlorures, bromures, iodures alcalins, pourra être calculée, en ajoutant la chaleur absorbée dans l'électrolyse l'hydracide, avec la chaleur absorbée dans la séparation du sel en base et en acide étendus. Le tableau suivant, qui donne les valeurs calculées et les valeurs observées de la force électromotrice minima nécessaire à l'électrolyse des chlorure, bromure et iodure de potassium, montre l'exactitude de cette loi.

	Calculée	Berthelot (1882)	Le Blanc (1891)	Nourrisson (1894)
KCl..	2v,01	1v,98	1v,96	1v,94
KBr..	1,74	1,73	1,60	1,74
KI.....	1,16	1,16	1,14	1,15

En outre, d'après la manière dont sont obtenues les valeurs théoriques, ces mêmes valeurs doivent être applicables aux sels des bases alcalines, dont la chaleur de neutralisation par les hydracides est sensiblement la même que celle de la potasse; or c'est ce que vérifient les mesures de M. Leblanc et celles de M. Nourisson (*Comptes rendus* t. CXVIII p. 189).

M. Berthelot fait observer qu'il importe d'établir une distinction essentielle entre les *indices d'électrolyse*, ou plus exactement de courant électrique et la décomposition proprement dite, visible et continue, produisant un *régime continu d'électrolyse*. Les indices peuvent toujours être obtenus avec un potentiel quelconque; le régime continu exige un potentiel bien défini ainsi que le démontre la concordance des mesures de MM. Nourrisson, Le Blanc et Berthelot.

« Un tel accord, dit l'auteur, montre une fois de plus que, si la proportionnalité entre les forces électromotrices et les quantités de matière mises en jeu n'est pas rigoureux, cependant elle se vérifie approximativement : à cette double condition, pourtant, que les réactions chimiques *réelles* produites dans l'électrolyse soient définies exactement, et, en outre, qu'elles s'exercent sans changement d'état physique dans des milieux homogènes, comme il arrive dans les expériences actuelles; ou bien avec des changements physiques compensés, comme on l'observe dans la pile de Daniell.

« Je n'ignore pas, en effet, que la force électromotrice n'est pas exactement proportionnelle à la chaleur empruntée aux réactions chimiques de la pile. L'effet Peltier et les observations profondes de M. Helmholtz ont introduit dans cette question des données nouvelles. Mais la grandeur des écarts théoriques attribuables aux variations d'entropie est incertaine, et ces variations paraissent assez faibles dans la pile Daniell et analogues pour ne pas modifier d'une manière notable les conclusions déduites des notions purement chimiques.

« Les citations que j'ai faites au début de ce Mémoire établissent d'ailleurs que les faits et les lois relatifs à la force électromotrice minima, avaient été signalés, il y a douze ans, sans aucune intervention de l'hypothèse de dissociation électrolytique d'Arrhénius : quelque opinion qu'on ait sur cette dernière, elle est étrangère à la découverte. En tous cas, la concordance entre les mesures exécutées par des observateurs qui ont opéré par des méthodes et des vues très différentes est très remarquable; c'est donc en dehors de toute discussion théorique, une confirmation expémentale frappante des déductions thermochimiques. »

J. B.

Digitized by Google

Sur les forces électro motrices thermoélectriques entre deux électrolytes et le transport électrique de la chaleur dans les électrolytes, par M. Henri Bagard (1).

Après avoir décrit rapidement les expériences de MM. Wild (2), Ed. Becquerel (3), et Donle (4) sur les forces électromotrices thermoélectriques développées par le contact des électrolytes et celles de MM. Naccari et Battelli (5) sur l'effet Peltier à la surface de séparation de ces corps, l'auteur passe à la description détaillée de ses propres expériences.

La disposition adoptée pour la mesure des forces électro motrices thermoélectriques ayant déjà été l'objet d'une communication à l'Académie des sciences (6) et étant connu de nos lecteurs, nous n'y reviendrons pas. Rappelons seulement que la méthode consiste à opposer à la force électromotrice à mesurer, une force électromotrice variable prise sur le circuit d'un élément Daniell et à constater l'égalité de ces forces au moyen d'un électromètre capillaire.

Dans la note que nous signalons, M. Bagard, concluait de l'étude d'un couple formé d'une dissolution de sulfate de zinc et d'une solution d'acide sulfurique et de celle d'un couple sulfate de zinc-sulfate de cuivre, que la variation de la force électromotrice thermoélectrique d'un couple électrolytique, est, comme pour la plupart des couples bimétalliques, représentée par une fonction parabolique de la température de la surface de contact chaude, l'autre surface de contact étant maintenue à zéro. Cette conclusion est vérifiée par les résultats obtenus pour cinq autres couples, ainsi qu'il résulte des nombres donnés dans le Mémoire. Elle se vérifie encore dans le cas où le couple est formé de deux dissolutions d'un même sel ayant des concentrations différentes, comme le montrent les expériences faites sur des couples de ce genre au sulfate de zinc et au chlorure de zinc.

Les courbes de la figure 1 représentent la marche de cinq couples obtenus en prenant deux à deux des dissolutions de sulfate de zinc renfermant 5, 15, 25, 35 et 45 pour 100 de sel cristallisé. Pour quatre d'entre elles (1), (2), (4) et (5) les couples correspondants sont formés de la solution L_5 et de l'une des

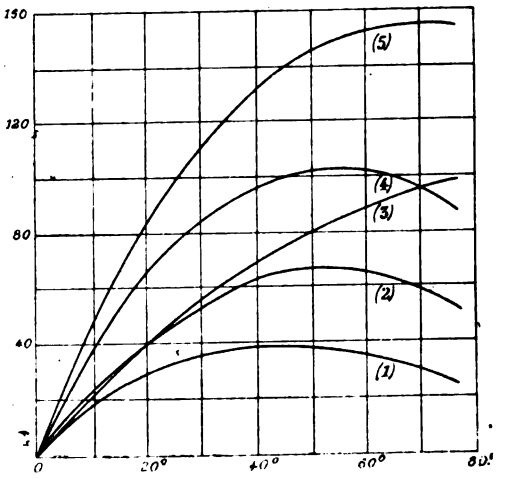


Fig. 1

solutions L_{15}, L_{25}, L_{35} et enfin L_{45}, les indices indiquant la concentration. Ces quatre courbes montrent nettement que, pour une température donnée, la force électromotrice est d'autant plus grande que la différence de concentration des solutions formant un couple, est elle-même plus grande; en outre ces quatre couples présentent un point neutre et l'on voit que ce point neutre s'élève de plus en plus, à mesure que les liquides diffèrent davantage l'un de l'autre.

La courbe (3) donne la variation de la force électromotrice avec la température du couple formé de la dissolution L_{25} et de la dissolution L_{45}. Cette courbe et les courbes (2) et (5), relatives aux couples L_5 L_{25} et L_5 L_{45} permettent de vérifier *la loi des corps intermédiaires* de

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. III, p. 83-138, septembre 1894.

(2) Wild. *Ann. de Poggendorf*, 4e série, t. CIII, p. 353; 1858.

(3) Ed. Becquerel, *Ann. de Chimie et de Physique*, 4e série, t. VIII, p. 389; 1866.

(4) Donle, *Ann. de Wiedemann*, t. XXVIII, p. 574; 1886.

(5) Naccari et Battelli, *Atti della R. Acc. d. Scienze di Torino*, t. XX; 1884-85 et t. XXV; 1885-86.

(6) Bagard, *Comptes rendus*, t. CXIV, p. 930. — *La Lum. Elect.*, t. XLIV, p. 334.

Digitized by Google

Becquerel pour les trois liquides L_5, L_{25}, L_{45}; en effet, si l'on fait la somme des ordonnées des courbes (2) et (3), on retrouve les ordonnées de la courbe (5). D'ailleurs M. Bagard a pu vérifier cette relation par une expérience directe, en réunissant en tension quatre groupes de piles thermoélectriques à électrolytes dans chacun desquels la somme des forces électromotrices des couples L_5 L_{25} et L_{25} L_{45} était opposée à celle du couple L_5 L_{45}; dans ces conditions, l'électromètre resta *rigoureusement* au zéro tandis que la température des contacts chauds variait depuis 0° jusqu'à 73°3.

La loi des températures intermédiaires a été vérifiée pour le couple L_5 L_{45}. A cet effet on réunissait en tension cinq groupes de piles dans chacun desquels la somme des forces électromotrices $E_0^t + E_t^T$ était opposée à la force électromotrice E_0^T; l'électromètre resta *rigoureusement* au zéro pendant que T croissait de o^0 à 72°7, t étant maintenu égal à 11°9, et aussi lorsque t croissait de 11°9 à 31°, T étant alors maintenu égal à 71°.

On remarque en outre que, pour tous les couples formés de deux dissolutions d'un même sel qui ont été étudiés, le courant va toujours, dans le circuit supposé fermé, de la solution étendue à la solution concentrée à travers le contact chaud; ce fait est d'accord avec l'une des lois énoncées par Wild et avec le sens de l'effet Peltier observé par Naccari et Battelli.

La seconde partie du Mémoire est consacrée à l'étude de *l'inversion de l'effet Peltier entre deux électrolytes au delà du point neutre.*

En appliquant les deux principes de la thermodynamique aux phénomènes thermoélectriques qui se passent dans un circuit de deux métaux A et B, on obtient les deux équations

$$E = J\left[C_1 - C_2 + \int_{T_2}^{T_1} (\sigma_A - \sigma_B)\, dT\right],$$

$$\frac{C_1}{T_1} - \frac{C_2}{T_2} + \int_{T_2}^{T_1} \frac{\sigma_A - \sigma_B}{T}\, dT = o$$

où E est la force électromotrice thermoélectrique, considérée comme positive quand le courant va de A vers B en passant par la soudure chaude; J l'équivalent mécanique de la calorie; C_1 et C_2 les quantités de chaleur *absorbées* dans l'unité de temps aux soudures, quand l'unité de courant traverse ces soudures, T_1 et T_2 les températures respectives de ces soudures dans l'échelle absolue; enfin σ_A et σ_B les quantités de chaleur *dégagées* dans l'unité de temps par un courant égal à l'unité et dirigé d'une partie chaude vers une partie froide. dans deux branches des métaux respectifs A et B, en admettant que les températures des deux faces ds chacune de ces branches diffèrent de 1°.

Si T_1 et T_2 diffèrent infiniment peu, les équations précédentes deviennent,

$$\frac{1}{J}\frac{dE}{dt} = \frac{dC}{dt} + \sigma_A - \sigma_B$$

$$\frac{d}{dT}\left(\frac{C}{T}\right) + \frac{\sigma_A - \sigma_B}{T} = o$$

et si on élimine la quantité $\sigma_A - \sigma_B$, il vient t désignant la température centigrade.

$$C = \frac{T}{J}\frac{dE}{dt}, \qquad (1)$$

Bien que cette application des principes de la thermodynamique, faite pour la première fois par lord Kelvin (1), ne paraisse pas absolument rigoureuse (2), la relation (1) qui s'en déduit a été vérifiée expérimentalement, dans le cas des couples bimétalliques, par un grand nombre de savants, et, dans le cas du couple cuivre-sulfate de cuivre, par M. Bouty (3). Cette relation montre en particulier que C s'annule et change de signe en même temps que $\frac{dE}{dt}$. Cette conséquence a été vérifiée indirectement par M. Budde (4) et par M. Le Roux (5), toujours dans le cas des couples bimétalliques.

(1) Thomson. *Transac. Roy Soc.* t. XXI. p. 135, 1854; *Phil. Mag.* 4e série t. XI, p. 214; 1856.

(2) Poincaré. *Thermodynamique* p. 356 et suiv.

(3) Bouty *Journal de Physique* 1re série, t. IX, p. 229; 1880.

(4) Budde. *Ann. de Pogg*, 6e série t III, p. 343; 1874.

(5) Le Roux; *C. R.* t. XCIX, p. 842; 1884.

Digitized by Google

L'auteur a voulu voir si elle se vérifiait encore lorsque le couple est formé de deux électrolytes.

Pour cela il s'agissait d'observer le phénomène Peltier au contact de deux liquides. Les liquides choisis sont deux dissolutions de sulfate de zinc de concentration différente. La plus dense est placée dans un vase de verre cylindrique au fond duquel se trouve un disque de zinc amalgamé destiné à servir d'électrode. L'autre remplit un tube cylindrique fermé à sa partie inférieure par une membrane de baudruche et plongeant dans la première dissolution; à la partie supérieure de ce tube se trouve un disque de zinc servant de seconde électrode.

Deux appareils semblables sont disposés dans une grande cuve contenant de l'eau pouvant être chauffée; ces deux appareils sont reliés de telle sorte que les effets Peltier, produits par un courant qui les traverse, soient de sens contraires aux deux contacts.

Pour déceler les variations de température qui ont lieu à ces contacts, l'auteur emploie la méthode bolométrique. A cet effet deux tubes en U, dont les coudures ont à peine 0,5 mm. de diamètre, sont placés dans les tubes centraux, de manière que leurs coudures soient au contact des membranes. Pour localiser les effets Peltier dans le voisinage immédiat des deux coudures, les deux membranes sont recouvertes d'un bouchon percé d'une fente étroite qui se trouve presque entièrement obturée par la coudure de chaque tube. Ces tubes sont remplis d'une solution de sulfate de zinc et forment deux des branches d'un pont de Wheatstone.

L'auteur s'est assuré, en répétant les expériences de MM. Naccari et Batelli avec ce bolomètre, que la sensibilité de cet instrument était bien suffisante pour déceler les légères variations de température dues à l'effet Peltier.

Pour vérifier la conséquence de la relation (1) on commence par faire une observation à la température du laboratoire; pour cela on mesure le rapport des résistances bolométriques ρ_1 et ρ_2 de minute en minute, et, quand ce rapport est bien constant, on établit le courant d'une pile de quatre éléments Bunsen dans un certain sens; le rapport $\frac{\rho_1}{\rho_2}$ varie alors brusquement à ce moment même, à cause de l'effet Joule, puis ne varie plus que lentement par la suite. Au bout de dix minutes, on renverse le courant et on le fait ainsi passer dans les deux sens pendant des périodes successives de dix minutes; enfin, le courant une fois supprimé, on continue la lecture de minute en minute, à titre de contrôle.

Le bain est ensuite porté à une température de 70°: on cesse le feu, et la température, après avoir monté jusqu'au voisinage de 80°, redescend très lentement; c'est pendant cette dernière période de descente que se fait la seconde observation. Le rapport des résistances, en l'absence de tout courant, reste à peu près constant pendant cette période, tandis que la température varie de quelques degrès seulement.

Dans ces expériences, l'intensité du courant était très faible, par suite de la présence des diaphragmes; mais comme l'appareil qui indique les variations de température est très sensible, cette circonstance était favorable à l'observation de l'effet Peltier. L'auteur a vérifié que l'intensité ne variait pas par suite de l'inversion, à froid d'abord, puis à chaud ensuite, et il a également vérifié qu'il n'existait pas de différence électrique entre les électrodes des bolomètres dans la seconde partie de l'expérience.

Les expériences ont porté sur un couple formé d'une dissolution à 5 pour 100 de sulfate de zinc et d'une dissolution à 15 pour 100 et ayant un point neutre voisin de 40°, et sur un second couple formé de deux solutions de sulfate de zinc à 5 et à 25 pour 100, dont le point neutre est voisin de 50°.

Des nombres obtenus pour le rapport $\frac{\rho_1}{\rho_2}$ il résulte que, pour les deux couples, la surface de contact des liquides *s'échauffe* quand, à la température ordinaire, le courant va de la

Digitized by Google

solution la plus concentrée à l'autre. Ce résultat est d'accord avec celui de MM. Naccari et Battelli. Au-dessus du point neutre, au contraire, la surface de contact *se refroidit* quand le courant va de la solution la plus concentrée à l'autre.

Ainsi se trouve vérifié, dans un cas particulier, ce fait important que l'effet Peltier est de sens contraire de part et d'autre du point neutre.

Nous n'avons qu'à signaler la troisième et dernière partie du Mémoire, *du transport électrique de la chaleur dans les électrolytes*, qui a été l'objet d'une note à l'Académie des Sciences (1). Nous nous bornons donc à reproduire la conclusion du Mémoire.

« La conclusion générale de mon travail est que les phénomènes thermoélectriques présentés par les électrolytes sont tout à fait analogues à ceux que présentent les métaux. Nous avons constaté, en effet, une marche analogue de la force électromotrice thermoélectrique des couples électrolytiques, une inversion simultanée de la force électromotrice thermoélectrique et de l'effet Peltier au contact de deux électrolytes et, enfin, le transport électrique de la chaleur dans ces liquides. »

J. B.

Sur quelques recherches avec les courants de Tesla, par F. Himstedt (2).

Dans la première partie de ce Mémoire l'auteur indique une disposition qui lui a parfaitement réussi pour la répétition des principales expériences de Tesla et dont les éléments peuvent être facilement trouvés dans tout laboratoire de physique ; dans la seconde, il décrit quelques observations sur les décharges en aigrettes produites par les courants de Tesla.

Les courants de Tesla sont caractérisés par une très haute tension et une très courte durée de vibration. Ces deux propriétés se rencontrent également dans les oscillations hertziennes ; on peut donc espérer reproduire, aux moyens de ces oscillations, les expériences de Tesla.

L'auteur emploie la disposition de Lecher. Deux plaques carrées de cuivre jaune, de 40cm. de côté, sont reliées aux pôles d'une bobine de Ruhmkorff de 50 cm. de longueur et de 20 cm. de diamètre ou à ceux d'une machine électrique à influence, et communiquent d'autre part avec un interrupteur à étincelles dont les extrémités sont distantes de 0,5 à 1 cm. Parallèlement à ces plaques et séparées d'elles par des cales d'ébonite se trouvent deux autres plaques égales. Celles-ci sont reliées par un fil métallique replié en U, ayant un diamètre de 4mm. et une longueur totale de 150cm. Ces quatre plaques forment deux condensateurs que l'on peut remplacer par deux bouteilles de Leyde, bien isolées par de la paraffine, ayant 11 cm. de diamètre et des armatures de 19 cm. de hauteur. La bobine de Ruhmkorff étant excitée par le courant de 5 à 6 accumulateurs, une lampe de deux volts, placée en dérivation sur le fil en U, brille d'un vif éclat quand on emploie les plaques ; avec les bouteilles de Leyde on peut obtenir l'illumination d'une lampe de 16 volts placée dans les mêmes conditions.

Si on laisse rentrer de l'air dans les lampes, leur éclat cesse ou tout au moins diminue considérablement. Bien que ce fait puisse s'expliquer par une variation du bombardement des molécules gazeuses, comme le ferait sans doute M. Tesla, l'auteur préfère le regarder comme une conséquence de la conductibilité calorifique de l'air. Quand le filament de la lampe est un fil de platine de 0,05 à 0,1 mm. de diamètre, ce fil, en devenant incandescent, prend la forme d'une ligne sinueuse, dont les sinuosités, très petites, ont leurs sommets orientés dans toutes les directions.

Dans ces expériences l'interrupteur de la bobine était un interrupteur Foucault faisant

(1) *Comptes Rendus*, t. CXVII, p. 97 ; *La Lumière Electrique*, t. XLIX, p. 387.

(2) *Wiedemann's Annalen*, t. LII. p. 473-486.

Digitized by Google

de 8 à 12 interruptions par seconde; le mercure des coupelles était additionné de zinc de manière à former un amalgame peu fluide; cet amalgame était recouvert d'une couche d'huile à machine. Le micromètre à étincelles était constitué par deux fils de zinc pur de 5 mm. de diamètre; ces fils pouvaient servir pendant plus d'un mois sans avoir besoin d'être remplacés.

Pour d'autres expériences il fallait employer un transformateur Tesla dont le circuit primaire remplaçait le fil replié en U. Ce circuit primaire était formé de 10 spires d'un fil de 4 mm. de diamètre enroulé sur un tube de verre de 4 cm. de diamètre suivant une hélice ayant 1 cm. de pas. Cette spirale était introduite dans un tube d'ébonite de 6 mm. d'épaisseur sur lequel on enroulait la spirale secondaire formée de 200 spires de fil de 1 mm. de diamètre. On construisait cette spirale en enroulant en même temps deux fils de même diamètre placés côte à côte, puis en retirant l'un d'eux; de cette façon les spires du circuit secondaire ne se touchaient pas. Tout le transformateur ainsi obtenu était placé dans un vase de faïence rempli d'huile à machine et reposant sur des pieds d'ébonite. Les conducteurs du circuit secondaire se terminaient par deux boutons métalliques soutenus par des colonnes d'ébonite.

Quand l'interrupteur de la bobine fonctionne, on voit dans l'obscurité des décharges très vives partir des extrémités du secondaire et ces décharges sont d'autant plus vives que l'observateur s'approche plus près des conducteurs. Si l'on attache aux boutons deux fils métalliques tendus parallèlement à une distance de 8 à 10 cm. sur une longueur de 3 à 4 mètres, il se forme entre ces fils un très beau ruban lumineux. Si l'on réunit l'un des boutons à la terre et qu'on attache à l'autre un fil de 2 m. de longueur replié sur lui-même de manière à former un U dont les branches soient distantes de 5 cm., le fil irradie dans toutes les directions sauf entre les branches de l'U où se forme un espace obscur.

En approchant les poles du circuit secondaire de manière que les étincelles jaillissent entre eux et en plaçant sur le trajet de ces étincelles une lame de carton on constate que cette lame ne tarde pas à être percée d'une multitude de petits trous comme ceux que l'on obtient en mettant un carton entre les poles d'une machine électrique.

Parmi les autres expériences qui peuvent être faites avec ce dispositif, citons : la rupture d'un tube de verre fermé à une extrémité quand on attache à son autre extrémité un fil métallique relié à l'un des poles du secondaire ; les gerbes lumineuses qui s'échappent d'une personne tenant à la main l'une des extrémités du secondaire quand on approche d'elle un conducteur; l'illumination d'un tube de Geissler, avec ou sans électrodes, quand l'observateur, qui, d'une main, tient ce tube et, de l'autre, l'un des pôles du secondaire, approche le tube du second pôle.

Des expériences nouvelles relatées dans la seconde partie du mémoire, il résulte que les tubes de Geissler rendus lumineux par les courants de Tesla présentent aux deux extrémités les caractères de la lumière cathodique et au milieu ceux de la lumière anodique. L'auteur a constaté en outre que si on approche un électroscope d'un transformateur de Tesla, il se charge toujours positivement tandis que le transformateur, quand il cesse de fonctionner, se trouve chargé négativement. On observe le même fait quand on opère dans l'hydrogène. Mais en opérant avec l'oxygène, l'azote, l'acide carbonique, l'ammoniaque et le gaz d'éclairage, la charge prise par l'électroscope, quand on l'approche d'un fil contenu dans un tube renfermant ces gaz, change de signe quand on renverse le sens du courant primaire. L'auteur rapproche de ces faits la prépondérance de la déperdition de l'électricité négative sur celle de l'électricité positive quand on éclaire un conducteur chargé, placé dans l'air ou dans l'hydrogène, prépondérance observée par plusieurs expérimentateurs.

J. B.

Digitized by Google

CHRONIQUE

Les quatre nouveaux croiseurs cuirassés, le *Latouche-Tréville*, le *Charner*, le *Chanzy* et le *Bruix* seront pourvus de machines électriques pour la manœuvre et le service de leurs canons, et pour la manœuvre de leurs tourelles. L'installation ressemble par ses points principaux à celle établie il y a deux ans par la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée sur le croiseur chilien, le *Capitaine Prat*. Enfin, le *Jauréguiberry* et le croiseur de première classe *D'Entrecasteaux* vont recevoir des installations analogues.

Les exposants ont été, à Anvers, au nombre de 12 000. Il leur a été décerné 401 grands prix, 812 diplômes d'honneur, 1813 médailles d'or, et 2238 médailles d'argent. Près de la moitié des exposants ont donc eu des récompenses. Notre confrère anglais *The Electrician* observe que le jury a été particulièrement libéral envers ses compatriotes. La Grande-Bretagne, l'Australie, le Canada et les Indes avaient fourni 271 exposants, qui ont reçu 21 grands prix, 42 diplômes d'honneur, 105 médailles d'or, 79 médailles d'argent et 46 médailles de bronze et 38 mentions honorables. Ils ne sauraient se plaindre puisque les distinctions honorifiques ont été plus nombreuses que les exposants.

D'après le rapport 1893-94 de la Société Berliner Elektricitaets werke, le nombre d'abonnés desservis par cette Société à Berlin est de 2580 ayant 194 400 lampes, et ayant consommé dans l'année 57 500 000 ampères-heures. Le nombre des moteurs reliés au réseau a passé de 232 de 786 chevaux à 380 de 1364 chevaux, et depuis la fin de l'exercice 70 nouveaux moteurs de 300 chevaux environ ont été installés.

Les recettes ont été de 3 600 400 francs, et les bénéfices nets de 1 616 325 francs, sur lesquels un dividende de 10,5 o/o a été distribué.

Il a été question dans ces derniers temps de procès contre la validité des brevets du bec Auer. A la suite de ces bruits, la compagnie Auer communique aux journaux une note affirmant que ces brevets ne peuvent donner lieu à litige. Toutefois jusqu'à un certain point, il ne paraît pas en être ainsi, du moins en ce qui concerne les brevets allemands. En tout cas, depuis l'invention Auer, plusieurs formes de capuchons en matières réfractaires ont été inventées et protégés par des brevets complètement indépendants. Plusieurs d'entre ces systèmes sont même à l'essai depuis environ un an, et on peut admettre qu'ils seront mis en usage dans la pratique.

MM. Siemens et Halske ont terminé récemment une importante installation électrique pour un tissage. 80 métiers à tisser et un certain nombre de machines à filer ont reçu chacun un moteur électrique. Ce nouvel exemple de distribution électrique de la force motrice dans les grands ateliers donne les résultats les plus satisfaisants et sera sans doute imité.

Pour le tramway métropolitain de Washington, on va adopter sur la ligne de la Neuvième rue, le système à canalisation souterraine dont les tramways de Budapest offrent un exemple. Par mesure de prudence, la conduite sera disposé de façon qu'au cas où l'isolement de la ligne serait trop difficile à maintenir pendant l'hiver, on puisse avoir recours à la traction par câble.

Le gouvernement des Etats-Unis prépare une expédition avec laquelle le professeur Langley se propose de rechercher à nouveau la position du pôle magnétique nord de la terre. Cette position ne fut déterminée qu'une seule fois par le capitaine Ross, en 1831, qui lui assigna comme latitude nord 70° 5' et comme longitude ouest 96° 46', à l'ouest de la presqu'île Boothia Félix (Canada).

En compulsant de nombreux documents relatifs aux observations de la déclinaison, le professeur Weber trouve que de 1680 à 1800, le pôle nord s'est déplacé de 60° vers l'ouest et de 3° vers le sud, et qu'à cette dernière époque le déplacement a changé de sens et a fait revenir le pôle de 30°. Ces calculs placent le pôle nord magnétique un peu au nord et à l'ouest du point déterminé par Ross, dans les environs deNelsonHead, cap sud de l'île Bank Lands en face de la côte du Canada.

Digitized by Google

L'ingénieur de Benedetti a demandé au syndic de Naples la concession de l'éclairage électrique de cette ville. Ses propositions sont, d'après la *Zeitschrift fuer Elektrotechnik*, les suivantes :

La durée de la concession est fixée à dix-huit années; au bout de ce délai le matériel devient propriété de la ville.

L'énergie est vendue à la ville au prix de 70 centimes le kilowatt-heure, avec une réduction de 5 o/o, pour les lampes dont la durée annuelle d'allumage dépasse 2000 heures.

Le kilowatt-heure est vendu aux particuliers au prix de 1,20 franc, avec une réduction de 10 à 30 o/o selon l'importance de la consommation.

Les particuliers ont toute liberté en ce qui concerne l'établissement d'autres installations électriques.

Les abonnés ne fournissent aucun cautionnement.

Un fond de garantie de 30 000 francs est déposé par le concessionaire.

Malgré les avantages de ces propositions, la municipalité de Naples semble vouloir confier l'entreprise de l'éclairage électrique à la Compagnie du gaz qui a proposé de fixer le prix du kilowatt-heure à 72 centimes.

Un système de chauffage très pratique est employé dans les voitures du chemin de fer électrique à crémaillère du Mont-Salève. Comme pendant l'hiver le service est habituellement réduit à la circulation de quatre voitures, une partie de l'énergie électrique devient disponible; cet excès de force motrice, 10 chevaux environ par voiture, est employé au chauffage électrique des voitures.

L'appareil de chauffage consiste simplement en deux rhéostats fixés sous les banquettes. L'encombrement de ces appareils est de 82 centimètres en longueur, 30 en hauteur et 18 en largeur. Chaque cadre contient 42 boudins de fil de fer galvanisé de 1,5 millimètre de diamètre. Les hélices ont un diamètre de 24 mm. et une longueur totale par rhéostat de 5,92 mètres. La longueur totale du fil nécessaire au chauffage d'une voiture est de 500 mètres.

Le courant passe directement de la prise de courant sur les rails aux rhéostats. L'intensité du courant absorbé par les résistances à la tension de 500 volts est de 15 ampères, ce qui correspond à une puissance de 10 chevaux.

Comme la température du fil de fer atteint 100°, l'air est échauffé rapidement. Aux jours les plus froids, il suffit de 10 à 15 minutes de circulation du courant, pour obtenir à l'intérieur de la voiture une température agréable (15 à 20°). La régulation de chauffage ne nécessite que la manœuvre d'un interrupteur placé sous la main du conducteur.

Ces appareils de chauffage construits aux ateliers de la compagnie, à Etrebières, ont donné pleine satisfaction. Leur coût n'excède pas 60 francs par voiture.

M. Andrieu, sous la direction de M. Juppont, ingénieur, à Toulouse, procède à l'installation de son usine électrique de Capdenac, qui doit être actionnée par les eaux du Lot.

Les moteurs sont des turbines Fontaine, qui dénoyées fournissent 200 chevaux sous la chute de 5,5 mètres ; elles sont établies par M. Demane, constructeur à Toulouse.

La puissance totale que permettra de développer le volume d'eau concédé étant de 600 chevaux, on installe en ce moment deux turbines, mais les dispositions sont prises pour que, dans l'avenir, on puisse établir deux autres moteurs semblables et utiliser toute l'énergie disponible en ayant du matériel de rechange pour permettre d'assurer le service des abonnés en toutes circonstances.

Les conditions de création de cette chute sont assez intéressantes pour que nous en donnions la description, que nous empruntons à notre confrère l'*Industrie électrique*.

Entre l'écluse de Capdenac où se fait la prise, et l'amont de l'Arelles où s'écoule l'eau sortant des turbines, le Lot contourne la presqu'île de Vix et, après un trajet de près de 3 kilomètres, il revient à 250 mètres environ, en ligne droite, de son point de départ, après avoir effectué une chute de 5,50 mètres.

C'est cette chute totale que M. Andrieu a pu utiliser, en creusant comme canal de fuite un tunnel de 10 mètres carrés de section, qui traverse le massif rocheux sur lequel est bâtie la ville de Capdenac-le-Haut. Ce tunnel qui a 200 mètres de longueur, construit en plein rocher compact, a pu s'exécuter en moins de quatre mois

Digitized by Google

sans aucune difficulté, grâce à la nature particulièrement favorable des couches de rocher traversées. Du reste, le tunnel de la navigation, construit à 100 mètres en aval, permettait de n'avoir aucun doute sur la réussite de ce travail, qui a pu s'exécuter très économiquement et presque sans épuisements.

L'usine doit fournir le courant à la gare de Capdenac qui, par sa position, son mouvement de matériel et le dépôt de machines, est une des plus importantes du réseau d'Orléans. Cette gare se trouve en effet à 5 kilomètres de Figeac et à la jonction des lignes de Paris, Toulouse, Cahors, Rodez et Aurillac.

Le courant doit être utilisé pour l'éclairage à l'aide de lampes à arc des voies principales, de manœuvre et de triage, ainsi que pour la commande de divers moteurs.

L'éclairage municipal de la commune de Capdenac-Gare, sera également fourni par l'usine, et un réseau pour les particuliers sera installé en même temps que le réseau municipal, pour l'éclairage et la distribution de force motrice.

L'usine étant à 700 mètres du centre de ces éclairages, le système de distribution à trois fils, avec courant continu à 120 volts, a été adopté.

Les dynamos sont du système Thomson-Houston. On installera de suite trois machines de 30 kilowatts; dont une de rechange, pouvant à volonté être placée sur l'un ou l'autre point de la distribution. Comme on le voit, cette première partie de l'installation n'utilise pas la totalité de la puissance des turbines que l'on placera tout d'abord. Le complément sera utilisé à divers transports d'énergie à distance, pour scieries ou autres industries, soit pour la création sur place d'usines, telles que minoteries, fabrique de glace, moulin à façon, qui vont s'établir à côté de ce centre important de force motrice doublement avantagé par sa situation géographique et commerciale, et par le voisinage des bassins houillers de l'Aveyron, et la proximité du chemin de fer et d'une rivière navigable.

La mise en marche aura lieu vers la fin de l'année.

La Société générale d'électricité de Berlin construit une bouée de sauvetage éclairée à l'électricité. Cet appareil peut supporter sans être submergé le poids de trois personnes.

Une lampe à incandescence enfermée dans un grillage en fil de fer fixé à la partie supérieure de la bouée permet d'apercevoir celle-ci à 2000 mètres de distance. Cette lampe est alimentée par le courant d'une batterie d'accumulateurs, placée à la partie inférieure du flotteur. Elle est mise en action automatiquement, dès qu'un mécanisme spécial fait tomber l'appareil à l'eau. Comme la charge de la batterie peut se conserver pendant deux mois, l'emploi de cet appareil n'est pas restreint aux navires possédant une installation électrique, mais il convient également aux autres navires, qui ne restent guère deux mois sans faire escale en un port où la batterie puisse être rechargée.

La batterie d'accumulateurs est plongée dans une boîte à double enveloppe remplie de gélatine; le tout est enfermé dans une caisse que porte le flotteur. La batterie peut alimenter la lampe pendant 6 heures en produisant 16 bougies. L'appareil entier pèse environ 50 kilogrammes.

Le globe extérieur en verre épais de la lampe est taillé de façon à concentrer les rayons en une nappe horizontale. Les conducteurs amenant le courant, ainsi qu'un petit interrupteur automatique sont enfermés dans ce globe qui les protège du contact de l'eau de mer.

Cette bouée a déjà fait ses preuves dans plusieurs naufrages.

Aux ateliers de MM. Siemens Brothers, à Charlton, toutes les machines sont mises en mouvement par des moteurs électriques.

Le groupe générateur de cette vaste distribution de force motrice comprend trois chaudières tubulaires d'une production de vapeur correspondant à 400 chevaux chacune. Deux autres chaudières semblables sont en cours d'installation. Il y a quatre moteurs à vapeur : une machine Belliss compound verticale donnant 300 chevaux à 350 tours par minute, et trois machines Willans compound, à condensation, de même puissance et vitesse angulaire.

Quatre dynamos produisant 2000 ampères à 120 volts sont couplées directement par ces quatre moteurs.

Les condensateurs de vapeur sont installés au-dessus des chaudières; ils consistent en vingt-sept doubles cylindriques concentriques; la va-

Digitized by Google

peur passe dans l'espace annulaire, tandis que l'eau froide coule le long des parois extérieures et du cylindre intérieur.

Les ateliers emploient 54 moteurs électriques : 13 moteurs de 40 chevaux, 7 de 20 chevaux, 2 de 15 chevaux, 8 de 10 chevaux et 24 autres de puissances différentes comprises entre 10 chevaux et 1/2 cheval. La plupart de ces derniers moteurs sont directement calés sur l'arbre de commande des diverses machines-outils qu'ils actionnent.

Dans l'*Electrical World*, de New-York, M. E.-P. Roberts appelle l'attention sur un cas où le surcompoundage des dynamos, au lieu d'assurer la régulation du voltage, tend au contraire à le dérégler.

Si l'on couple en parallèle deux ou plusieurs dynamos, compoundées chacune comme d'ordinaire pour une certaine perte dans la ligne, on n'obtient le réglage de la tension qu'en laissant toutes les machines en circuit. Car lorsque, la charge diminuant, on retire une ou plusieurs machines, celles qui restent tendent à se régler non d'après le courant sur la ligne, mais d'après le courant dans les armatures. Avec une seule machine laissée en circuit, le voltage peut devenir maximum quand la charge extérieure est minima, ce qui peut soumettre les lampes à une tension dangereuse.

Deux méthodes permettent d'obvier à ces inconvénients ; l'une consiste à multiplier les circuits extérieurs indépendants les uns des autres ; on conçoit que ce moyen n'est pas pratique. L'autre méthode nécessite l'emploi de rhéostats dans le circuit shunt, ce qui implique une perte d'énergie supplémentaire. Ni l'un ni l'autre de ces moyens ne semble donc pratique, et dans le cas considéré, il est peut-être plus simple de recourir aux machines shunt.

Les tramways électriques de Belgrade établis à la suite d'une concession accordée en 1891, viennent d'être acquis par une compagnie belge au capital de 3,500,000 francs. Il y a en ce moment en service sept lignes de tramways du système à fil aérien

La nouvelle compagnie a fait un contrat avec la Compagnie française pour l'éclairage électrique de Belgrade pour la fourniture de l'énergie électrique nécessaire au prix de 15 centimes par kilomètre, si le nombre des voitures-kilomètres est inférieur à 1000 par jour, et à 12 centimes si ce nombre excède 1000, ce qui est déjà le cas actuel.

A Kœnigsberg (Allemagne) un pont tournant est manœuvré à l'aide d'un moteur électrique.

L'*Electrical Engineer*, de Londres, annonce que l'imprimerie coopérative de Francfort, qui imprime la *Gazette de Francfort* et deux autres feuilles subit en ce moment une transformation intéressante : la plupart des machines à imprimer vont être mises en mouvement à l'aide de moteurs électriques. Le courant sera emprunté à la canalisation de la ville. Chaque machine recevra un moteur à courants alternatifs de Brown, Boveri et Cie.

M. A. Méchinel indique dans l'*Elettricita* un procédé pour utiliser les dépôts blancs qui se forment dans les piles Leclanché. Ces dépôts sont très peu solubles dans l'eau, ils sont constitués par un chlorure zinco-ammoniacal de la formule $2AzH^3$, $ZnCl$.

En faisant bouillir ce corps avec un volume double d'eau, on voit se dégager des vapeurs de sel ammoniac, et il se forme de l'oxyde de zinc d'après la réaction.

$$2AzH^3,\ ZnCl^2 + H^2O = 2ClAzH^4 + ZnO.$$

L'oxyde de zinc a des usages assez nombreux dans l'industrie.

Parlant de l'influence du courant électrique sur la santé, un journal de Chicago assure connaître une dame qui a « gagné vingt livres par l'emploi d'une pile. »

« Cela n'est rien, dit *The Electrician*, nous connaissons un monsieur qui a gagné des milliers de livres (sterling) en faisant employer sa pile par d'autres. »

Le Gérant : L. DENNERY.

Imprimerie ALCAN-LEVY, 24, rue Chauchat, Paris

Digitized by Google

1re Année Samedi 10 Novembre 1894 N° 9

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITE

3, RUE RACINE, PARIS

Directeur P. H. LEDEBOER, Docteur ès-sciences

SOMMAIRE. — La télégraphie sous-marine. Appareil Terrin ; P. Marcillac. — Inductance des lignes aériennes pour courants alternatifs ; A. Blondel. — Excursion en Belgique et à travers l'Exposition d'Anvers ; E.-J. Brunswick. — Extraits de la presse industrielle. Communications. — Calcul des lignes aériennes de tramways électriques, W. Dierman. — Les moteurs à gaz pauvres. — Armature d'électro à attraction constante disposition Schœller et Jahr. — Compteur Elihu Thomson (1894). — Pile rotative Dubers (1894). — Sur la construction des galvanomètres sensibles, par Arthur Schuster. — Revue des Sociétés savantes et des publications scientifiques. — Société internationale des Electriciens. — Variation avec le temps de la polarisation spontanée des éléments à amalgames en circuits fermes, par Th. des Coudres. — Sur la théorie de la machine Wimshurst, par P.-V. Schaeffers. — Sur l'existence d'une anomalie de la conductibilité des solutions salines à 4°, par C. Déguisne.— Chronique.

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE

(APPAREIL TERRIN)

Depuis un certain temps, l'Administration française des Télégraphes a mis en service sur les câbles d'Algérie, un appareil qui a permis d'accroître dans une large mesure, la rapidité de composition des dépêches. Pour ceux de nos lecteurs qui sont étrangers à la télégraphie pratique, manuelle, rappelons brièvement les divers modes de manipulation qui ont été successivement adoptés et le rôle de la composition préalable des télégrammes.

Chacun connaît l'alphabet Morse. On lance plus ou moins longtemps sur une ligne électrique le courant d'une pile, au moyen d'un organe appelé clef ou manipulateur. Un contact bref provoque une courte attraction de l'armature du récepteur : on a un point ; un contact trois fois plus long provoque une attraction de durée triple : on a un trait. Les points et les traits, combinés de diverses manières, composent les lettres ou signaux adoptés aujourd'hui dans le monde entier. Rien de plus simple, en théorie : en pratique, rien de plus variable. Les signaux sont mal séparés, trop espacés, trop rapprochés, parfois d'inégale longueur. La rapidité de lecture et, par suite, de travail s'en ressent. Il y a là surtout une source d'erreurs pouvant léser les intérêts du public.

Cependant ces défauts sont faciles à corriger avec un peu d'expérience et d'attention, si l'on travaille sur des fils aériens de longueur moyenne, la volonté de l'employé pouvant faire disparaître ces irrégularités. Si, au contraire, l'on opère sur des lignes longues ou des câbles, l'opérateur le plus habile se heurte à des difficultés d'ordre électrique, dont il n'est pas le maître et, dans le second cas surtout, les câbles deviennent le lieu d'élection de phénomènes électrostatiques qui rendent impossible un échange régulier de signaux. Pour obvier tant aux irrégularités de transmission qu'aux inconvénients provenant des phénoménes susmentionnés, il a fallu créer des transmetteurs nouveaux, tels que le Wheatstone, le Thomson, le Siemens. Dans les premiers, on lance des courants tantôt positifs, tantôt négatifs, d'égale durée. Une palette attirée ou abandonnée donne des signaux Morse, ou bien un siphon gorgé d'encre, dévie dans un sens et dans l'autre, donnant une ligne sinueuse dont

Digitized by Google

les sommets forment les signaux. Les courants se trouvant constamment inversés, la ligne est ramenée à l'état neutre et la transmission s'opère sans difficulté. Dans le système Siemens, on envoie un courant induit qui chasse l'armature d'un électro-aimant polarisé et ensuite un courant inverse qui fait revenir cette armature, ce qu'en terme de métier on appelle faire décoller ou coller l'armature. Si les émissions se succèdent rapidement, on a un point ; si l'envoi du second courant n'est fait qu'après une certaine pause on a un trait. Disons en passant, qu'en y comprenant même le curieux système Foot-Goosdpeet utilisé en Amérique, essayé en France en 1881, tous les systèmes non imprimeurs utilisent à l'heure actuelle les signaux Morse, soit droits, soit ondulés, dont on voit plus haut des spécimens.

La moyenne des signaux nécessaires pour la formation d'une lettre Morse ou Thomson étant de 4 (1), et la moyenne des caractères qui composent les mots français couramment employés étant admise comme égale à 5, un manipulant qui transmet une dépêche de 20 mots (soit 30, y compris les indications de service) doit produire $30 \times 5 \times 4 = 600$ signaux et exécuter par conséquent 600 abaissements et 600 relèvements du manipulateur, soit 1200 mouvements dans l'espace de deux minutes environ. Sur une ligne occupée, il soutient cette vitesse pendant 3 à 4 heures. S'il ne peut faire alterner la réception avec la transmission, il soutiendra parfois cette vitesse pendant 7 heures et souvent plus. Il produit alors 252 000 abaissements et autant de relèvements de la clef, soit un total de 504 000 mouvements. Il y a surmenage, énervement, et la machine humaine donne là tout ce qu'elle peut donner pour ce genre de travail. Donc, on se heurte déjà à un maximum de vitesse que l'outil humain ne peut guère reculer. Si l'on suppose le manipulant remplacé par un transmetteur de métal, infatigable et de durée presque indéfinie, on pressent la possibilité d'exiger de ce transmetteur un travail ininterrompu, et celle d'employer des organes mécaniques convenables pour accroître, sans crainte de surmenage, la rapidité des mouvements de l'appareil. Telle est en substance l'idée qui, depuis le Morse automatique jusqu'au Terrin automatique, a guidé tous les inventeurs de systèmes à composition préalable.

Le nom de Morse accolé à un transmetteur *automatique* peut surprendre, étant donné l'affirmation de certains électriciens qui lui contestent toute initiative dans l'invention du télégraphe électrique. Ce nom est pourtant à sa place, ainsi que le prouvent des dates, des faits, des brevets, des publications, etc. Si Morse en effet a pu être discuté au point de vue de la priorité d'invention de la télégraphie électrique, il ne lui en revient pas moins le mérite d'une application ingénieuse de l'électricité dynamique et de l'électro-aimant à l'échange des communications. La meilleure preuve en est la conception de l'appareil ci-après, l'aïeul de tous les systèmes transmetteurs automatiques, enseveli dans l'oubli.

La main humaine, disons-nous, se fatigue vite et ses mouvements devenant irréguliers, les signaux le deviennent aussi. Mais supposons que l'on fasse frotter sur l'extrémité du levier du manipulateur les dents d'une crémaillère, on produira par des abaissements rigoureusement égaux, des émissions ou des interruptions de courant parfaitement égales et le récepteur enregistrera une série très régulière de points. Supposons certaines de ces dents trois fois plus larges que les autres ; on aura des émissions de durée triple, ce qui, dans le récepteur, correspondra à des traits. Admettons enfin, qu'au lieu de dents fixes la crémaillère ait des dents mobiles, et qu'elle soit remplacée par une réglette à gorge dans laquelle on range des séries de blocs métalliques courts ou longs comme les espaces d'imprimerie ; on obtiendra en relief des points et des traits qui en passant sous

(1) En comptant les chiffres, la moyenne oscille entre 3/2 et 4. Nous avons cru devoir prendre ici le nombre rond.

Digitized by Google

TABLEAU

Des différents systèmes de signaux employés dans les télégraphes sous-marins

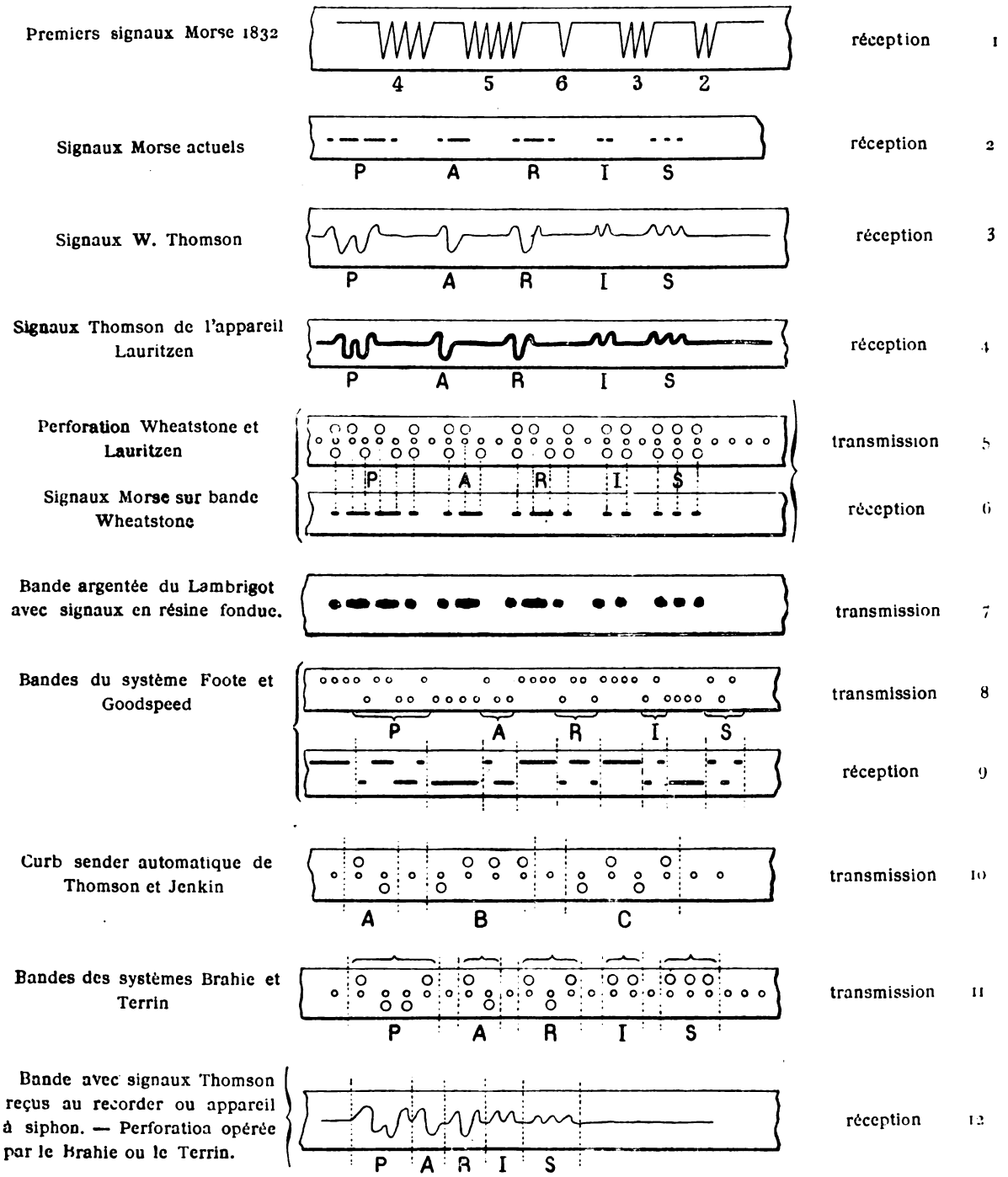


Fig. 1. — Fac-similé des bandes de transmission et de réception.

Digitized by Google

un ressort relié à la ligne, enverront sur celle-ci des points et des traits Morse d'une impeccable régularité. C'est ce principe, que l'on retrouvera plus loin dans des appareils modernes, qui fut d'abord utilisé par Morse.

La figure 2 le représente schématiquement. Un levier A relevé par un poids M, portait en F une fourchette métallique qui plongeait dans les godets GG' pleins de mercure, ou en émergeait, suivant que la saillie S' était ou non soulevée par les dents implantées dans une réglette R que faisait progresser une manivelle V. A chaque immersion de F dans le mercure, le courant de la pile P allait sur la ligne L et actionnait le récepteur qui donnait des signaux de la forme ci-dessus (fig. 1). L'appareil était rudimentaire : Morse crut devoir lui substituer le levier ou clef encore adopté partout, et au lieu d'encoches en

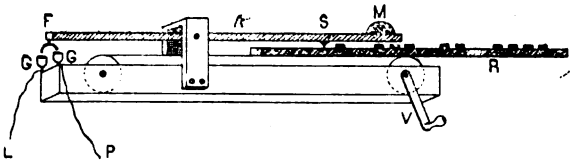


Fig. 2. — Premier transmetteur Morse.

nombre variable, il imagina la série de contacts brefs ou longs formant son alphabet. S'il avait songé à réunir à ce moment ces deux dispositions fondamentales, combinaisons linéaires de son alphabet et transmission automatique des signaux, Morse eût atteint de prime abord les résultats remarquables que donna seulement 30 ans plus tard l'appareil rapide de M. Lambrigot, inspecteur des télégraphes français. Mais comme beaucoup d'inventeurs, après avoir produit, il ne perfectionna pas, laissant à d'autres le mérite de ciseler, d'achever l'édifice dont il avait jeté les fondations. Des historiens ont opposé Wheatstone à Morse. Il y a place pour tous les deux dans les fastes de la science.

Wheatstone conçut et appliqua avec la haute intelligence du physicien éminent et du mathématicien, des théories de physique pure. Sa vie se consuma en recherches et inventions méthodiques de premier ordre. Morse, au contraire, peintre de talent, inventa, créa, hors de son domaine, en un jour de soufle génial, puis s'arrêta.

Dans un autre ordre d'idées, le professeur Charles imaginant l'emploi de la soie pour les ballons, le vernissage, la soupape, le filet, le cercle, l'ancre, la préparation en grand de l'hydrogène, montre ce que peut l'imagination appuyée sur le savoir. C'est le type de Wheatstone.

Montgolfier utilisant une simple propriété des gaz et brûlant de vieilles bottes pour gonfler son globe, ouvre un horizon immense à l'humanité, mais un peu par hasard. C'est le type de Morse.

Tous deux marchent au but par des voies différentes. A science inégale, leur gloire est

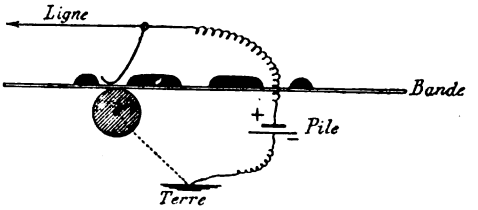


Fig. 3. — Principe du Lambrigot.

la même. Pourquoi diminuer l'un au profit de l'autre alors qu'on doit constater une chose, c'est qu'ils sont égaux devant l'indifférence générale et qu'on n'aperçoit nulle part leurs statues, même à l'état de maquettes, au milieu du plantureux semis de socles et de bustes, élevés comme dans la Rome antique « aux *dieux* inconnus », qui sortent de terre en maints endroits.

Cette idée de Morse, transmettre ou recevoir des signaux composés d'avance, fut reprise plus tard et appliquée successivement par Bain, Wheatstone, Lambrigot, Ailhaud, Thomson, Olsen, Willot, Chastenet, Foot, Brahic, Terrin, Lauritzen, etc.

Bain enlevait à l'emporte-pièce, dans une bande de papier, les traits et les points. Un ressort pressait la bande qui se déroulait, sur un cylindre métallique : il s'abaissait là où le

Digitized by Google

papier était perforé et lançait le courant sur la ligne. Les résultats furent peu satisfaisants.

M. Lambrigot, imagina de faire passer une bande métallique sous un récipient rempli de résine en fusion. L'écoulement et le dépôt de la résine, commandés par un jeu de manipulateur et de récepteur Morse, se faisaient sous forme de points et de traits en relief. La bande ainsi préparée glissait entre un laminoir métallique mis à la terre et une languette reliée, d'une part, au pôle d'une pile dont le second pôle était à la terre. (Fig. 3).

Quand la bande se déroulait à nu, le courant de la pile se fermait en local : quand les saillies de résine soulevaient la languette, le circuit local se rompait et le courant allait sur la ligne.

Par son rendement remarquable, l'appareil devançait son époque, le trafic télégraphique

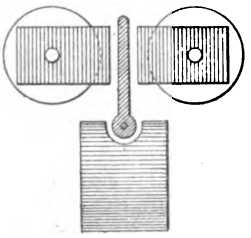


Fig. 4. — Electro récepteur Wheatstone.

n'étant pas assez fort encore. Il avait en outre le tort grave de soulever des jalousies haineuses qui en provoquèrent la chute imméritée. Rien de plus fatal aux inventeurs que des inimitiés d'eunuques intellectuels. D'autres appareils rapides surgirent qui firent faire le silence sur l'appareil français (1).

M. Ailhaud enfin, avait imaginé d'aligner sur trois rangées parallèles les signaux Morse coulés en métal comme des caractères typographiques, chaque signal pouvant être soulevé par un levier correspondant à l'une des touches d'un clavier disposé comme un clavier d'orgue. Un peigne à dents métalliques allait et venait constamment au-dessus des caractères reliés à la pile. Quand on soulevait un des types, le frotteur passait sur lui et le signal était transmis sur le conducteur. L'appareil donnait des signaux très réguliers, mais il était assez lent, lourd, encombrant et venait au monde 30 ans trop tard. Il rejoignit dans l'oubli son modèle, l'automatique Morse.

Wheatstone abandonnant les sentiers battus, conçut à la fois un perforateur, un transmetteur et un récepteur, d'une perfection rare.

Tous les types d'appareils à composition préalable, procédant de celui-ci, il convient d'en rappeler les dispositions générales qui expliqueront l'utilité de l'appareil le plus récent, le perforateur de M. Terrin.

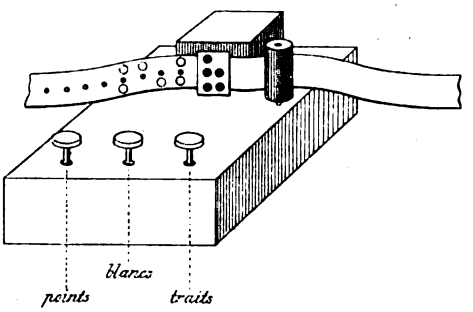


Fig. 5. — Perforateur Wheatstone.

Dans les appareils précités, un courant de signe quelconque était utilisé pour la transmission, avec contacts plus ou moins longs. Le but poursuivi était moins la vitesse que la préparation et l'envoi de signaux réguliers, échappant à la nervosité du manipulant. Les phénomènes électriques capables de modifier profondément la réception restaient au second plan, ou plus exactement, n'étaient pas suffisamment étudiés. Dans la pratique on n'en tenait pas compte.

Tout au contraire, dans le Wheatstone et ses dérivés, l'état de la ligne est minutieusement observé et l'obstacle offert par le conducteur à la parfaite réception de signaux, est soigneusement surmonté à l'aide de dispositions spéciales. Au lieu d'un courant de sens donné, le transmetteur envoie sur la ligne des

(1) A l'exposition d'électricité de 1881, deux inventeurs MM. Meyer et Baudot, bons juges en la matière, déploraient l'abandon de ce système dans lequel ils voyaient encore une idée ingénieuse méritant l'attention.

Digitized by Google

courants alternés, positifs ou négatifs (1). L'armature du récepteur, polarisée par un aimant permanent, est attirée dans un sens ou dans un autre par un double électro-aimant, suivant le signe du courant émis. Ce mouvement rapproche ou éloigne de la bande de papier le disque encreur qui appuie plus ou moins longtemps, traçant ainsi des points ou des traits.

Pour obtenir ce résultat, Wheatstone imagina d'effectuer comme il suit, la perforation ou composition préalable de ces bandes de transmission.

Un ruban de papier huilé passe devant un triple jeu de poinçons ou emporte-pièces cylindriques commandé par trois leviers dits « leviers des points, des blancs et des traits. » On frappe sur la tête de ces leviers à l'aide de marteaux ou manettes en bois dur ou en métal. Le levier des points pratique sur la bande deux trous ronds placés sur une même verticale et un petit trou médian : celui des traits perce deux trous égaux aux premiers, mais placés sur une ligne oblique, et deux petits trous intermédiaires placés le premier sur la verticale du trou supérieur le second sur celle du trou perforé au bas de la bande ; le troisième levier, celui des blancs, ne perce que le trou médian au centre du ruban de papier. Dans ces petites ouvertures du milieu de la bande, s'engagent les dents d'une roue étoilée servant à la progression du papier. Celui-ci une fois préparé comme un carton de métier Jacquart est introduit dans l'appareil transmetteur où il passe sous deux aiguilles verticales qu'un mouvement d'horlogerie fait constamment osciller de haut en bas à la façon de 2 bielles qu'un jeu d'excentriques ferait sans cesse et très rapidement monter et descendre, côte à côte.

La bande perforée étant mise en mouvement, il est clair que les aiguilles se heurteront au papier, là où il est resté intact, tandis qu'elles passeront au contraire à travers les trous, là où elles trouveront le papier enlevé. Pour fixer les idées, considérons le mot *Paris* perforé par un appareil Wheatstone, avec sa traduction en signaux Morse. Les aiguilles sont d'abord mises en mouvement pour atteindre leur vitesse de régime. Celle du haut, rencontre le trou supérieur, s'y enfonce et en sort vivement : Un courant positif émis sur la ligne fait coller l'armature du récepteur, c'est-à-dire porte contre le papier, le disque encreur qui laisse une trace. Mais preque aussitôt, la seconde aiguille s'enfonce dans le trou inférieur, puis en sort : un courant négatif émis sur la ligne fait décoller l'armature, et le disque encreur se trouve éloigné de la bande réceptrice. Le contact a été si court que la trace imprimée forme un simple point. De nouveau, le ruban perforé présente un nouveau passage à l'aiguille 1 ; nouveau collage, nouvelle trace. Mais ce n'est qu'après un certain intervalle, que le papier offre un passage à l'aiguille 2, qui émet un courant inverse faisant décoller l'armature et cesser l'impression. Comme le temps écoulé entre les passages de l'aiguille 1 dans le trou supérieur et de l'aiguille 2 dans le trou inférieur, a été trois fois plus long que les passages entre 2 trous verticaux, le contact a été trois fois plus long également et la trace à la longueur d'un trait.

Ce n'est donc plus la longueur de l'émission due à une longueur variable des trous perforés, mais bien la position de ces ouvertures, toutes égales entre elles, qui règle les mouvements de l'armature à l'arrivée et commande, par suite, la formation des signaux (1).

Il suffisait d'indiquer les avantages que pré-

(1) Les courants sont *compensés*. Ainsi dans la première partie du trait, le courant est envoyé avec toute sa force ; dans la deuxième et la troisième il passe à travers une résistance qui l'affaiblit (cela, pour ne pas trop charger la ligne.) Par suite, le courant suivant peut plus facilement décharger la ligne et ramener l'armature sur l'autre butoir.

(1) Pour la simplicité de l'exposé, il est dit que les aiguilles lancent un courant positif, ou négatif sur la ligne lorsqu'elles traversent le papier. En réalité, ce sont des organes annexes dont le jeu est étroitement lié à celui des aiguilles, qui assurent les contacts. D'une manière générale, on évitera toujours des contacts directs par l'intermédiaire de pièces frottant à travers

Digitized by Google

sente cette transmission à courants alternatifs, (affaiblis quand ils dépassent la durée nécessaire à la formation d'un point ou d'un intervalle simple de réparation) et permettant, par conséquent, d'atteindre un rendement bien supérieur à celui des autres systèmes Il serait impossible d'examiner le fonctionnement minutieux du Wheatstone à moins d'y consacrer une brochure ; or nous ne voulons parler que de la préparation des télégrammes et non de leur transmission au point de vue électrique.

Le principe qui est la base de tous les perforateurs modernes, une fois admis, considérons le rôle de l'employé et de la machine pour en comparer les rendements.

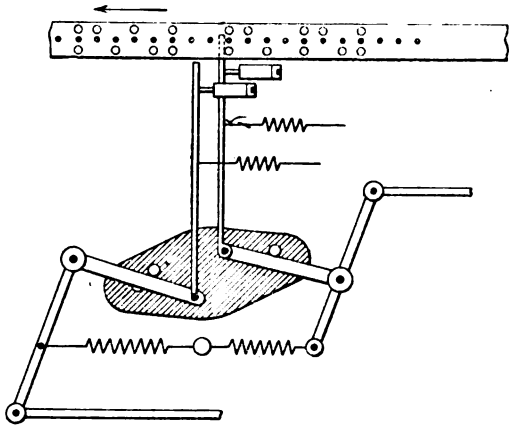


Fig. 6. — Transmission Wheatstone

Pour former un caractère moyen de l'alphabet Morse, il faut avons-nous dit, un ensemble de quatre signaux (exactement 3 1/2 à 3 3/4) soit 8 mouvements, dont 4 abaissements et 4 relèvements du manipulateur. La bande de réception étant entraînée par un mouvement d'horlogerie, l'employé n'a besoin que de s'arrêter pendant que la bande se déroule, pour que les signaux soient séparés les uns des autres. Avec les perforateurs il faut que l'opérateur fasse lui-même progresser le papier. Pour cela, il doit frapper une fois sur le levier des blancs après chaque lettre et trois fois entre chaque mot. Il donnera donc, pour la lettre P par exemple, (voir la bande ci-dessous) : un coup de marteau sur le blanc pour séparer cette lettre de celle qui la précède, un coup sur le point, deux sur le trait, un sur le point, soit 5 coups de manette ou 10 mouvements (fig. 6 bis).

Pour 30 mots moyens de 5 lettres (20 de texte, 10 de service), chaque lettre de 4 signaux exigeant 10 mouvements, l'employé perforant devra produire $30 \times 5 \times 10 = 1500$ mouvements en deux minutes, soit 45 000 à l'heure, soit en une séance normale de 7 heures, 315 000.

Comme pour alimenter convenablement pendant ce temps l'appareil transmetteur, sur une longueur moyenne, il faudrait lui fournir trois fois autant de bande perforée, il y aurait à donner $315\,000 \times 3 = 945\,000$ coups de manette sur les leviers des poinçons. Pour atteindre ce nombre dans le temps précité, trois perforants sont nécessaires et doivent être remplacés par trois autres, au bout de trois à quatre heures. Au-delà de cette période, l'énervement survient et le rendement s'abaisse.

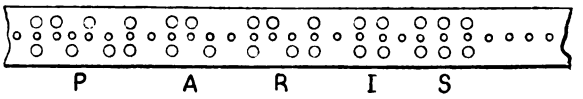


Fig. 6 bis.

On voit qu'avec la perforation Wheatstone, l'employé doit faire plus de mouvements qu'avec le manipulateur Morse pour produire un nombre égal de signaux. La séparation des mots comporte en outre trois frappements sur le poinçon des blancs, soit pour 30 dépêches de 30 mots pendant 7 heures, $3 \times 30 \times 30 \times 7 = 18\,900$ abaissements et autant de relèvements des manettes : il faut ajouter par conséquent $18\,900 \times 2 = 37\,800$ mouvements au total précédent qui s'élève ainsi à 982 800 mouvements par séance. Des organes en métal peuvent seuls, on le conçoit, atteindre une telle vitesse et la soutenir pendant des journées entières.

Il semblerait qu'ayant plus de gestes à faire,

un papier paraffiné qui peut les graisser et en faire, par suite, de fort mauvais conducteurs.

Digitized by Google

l'employé produit moins qu'avec un manipulateur Morse. C'est le contraire qui arrive et cela s'explique en considérant que, si pour un trait Morse il faut appuyer sur la clef trois fois plus longtemps que pour un point, il ne faut pas plus de temps pour frapper sur le levier des points que sur celui des traits, la longueur du signal et, par suite, sa durée n'intervenant plus. De là une production plus grande en un temps égal.

A l'arrivée, les signaux du Wheatstone sont ceux-mêmes de l'alphabet Morse ; d'où la nécessité de combinaisons électriques et mécaniques donnant le point et le trait.

Sur les câbles sous-marins, l'obligation où l'on se trouve de ramener autant que possible la ligne à l'état neutre et d'éviter les phénomènes de condensation en n'employant que des courants alternatifs d'égale durée et de faible potentiel, a conduit depuis longtemps lord Kelvin (sir W. Thomson) à créer un alphabet spécial.

Un siphon en verre, d'un demi-millimètre de diamètre, long d'un décimètre environ, est dévié à droite ou à gauche d'une bande de papier, par suite des mouvements du récepteur. Il trempe d'une part dans un encrier, et d'autre part affleure la surface d'une bande de papier qui se déroule d'une manière ininterrompue. Lorsque le récepteur ne travaille pas, le siphon immobile trace sur le papier un filet rectiligne. Si l'on transmet un point, le siphon se porte vers le haut de la bande, si c'est un trait, vers le bas. Au lieu de traduire des combinaisons de points et de traits, l'employé lit les mêmes combinaisons reproduites en sinuosités semblables, aux ondulations figurées ci-dessous.

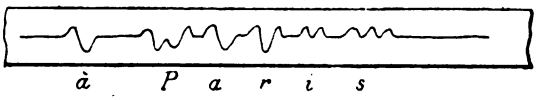


Fig. 7.

Le premier manipulateur comprenait, dans le système Thomson, deux ressorts sur lesquels l'employé manipulait avec l'index et le medius de la main droite, la touche de gauche envoyant un positif qui donne les points, celle de droite lançant un négatif qui donne les traits, sous forme de sinuosités du modèle ci-dessus.

Sir W. Thomson avait combiné un perforateur destiné à remplacer le travail à la main ; mais cet appareil n'était gnère usité qu'en Angleterre, lorsqu'un employé du service français, M. Chastenet imagina un système analogue, sans connaître les travaux de son illustre prédécesseur. Son idée, abandonnée, fut remise à l'étude par un fonctionnaire appartenant aussi aux télégraphes français, M. Brahic, qui pour éviter la création de tout un matériel nouveau, s'appliqua à tirer le meilleur parti possible des appareils utilisés en France, modifia le perforateur et le transmetteur Wheatstone et assura, presque sans frais pour l'Administration française, un service régulier et rapide, en simple ou en duplex, sur les cables franco-algériens.

De même que dans le système Thomson-Jenkin, les signaux de longueur égale suffisent pour la transmission; la préparation de la bande est simplifiée par conséquent.

Au lieu de 2 trous placés sur une même verticale, donnant le point, on n'en emploie qu'un placé en haut de la bande. Au lieu de 2 trous obliques, pour le trait, on n'en perfore qu'un au bas du papier. Le mot *Paris* que nous avons pris pour type revêt alors la forme suivante :

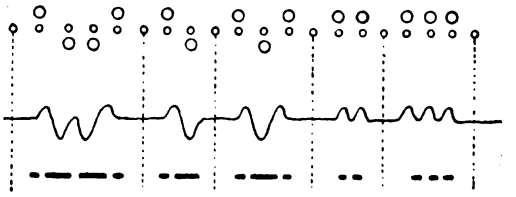


Fig. 8.

Il suffit de comparer cette figure à celle que donne le perforateur Wheatstone normal, pour voir quelle est la simplification apportée dans les organes de préparation des télégrammes. Mais il n'en est pas moins vrai que si le nombre

Digitized by Google

de poinçons et de trous a diminué, le nombre de coups de marteau ou de manettes, à frapper sur les leviers du perforateur, n'a pas varié. Pour la lettre P, il faudra toujours faire : un blanc de séparation, un point, 2 traits et un point, soit 5 mouvements doubles, soit 10 en tout comme on l'a vu plus haut.

En vue de réduire ce martelage énervant, M. Terrin, attaché au service des câbles franco-algériens a conçu et réalisé d'une façon très heureuse l'idée de faire perforer la bande de transmission par un appareil et non plus par l'employé. Celui-ci se borne maintenant à appuyer légèrement sur les touches d'un clavier. De plus, et c'est en cela que consiste surtout la supériorité pratique de ce système, M. Terrin est arrivé à opérer d'un seul coup la perforation d'une lettre complète et la séparation qui la précède. Pour en revenir à l'exemple de la lettre P, le Terrin donne, *d'un seul coup* le signal annexe (blanc de séparation) et les signaux qui composent la lettre, lesquels exigeaient 5 mouvements doubles. Il y a séparation et perforation simultanées. Il y a en outre et en même temps, progression de la bande, proportionnelle à la longueur de la lettre perforée, quelle que soit cette longueur.

P. MARCILLAC.

(A suivre.)

INDUCTANCE
DES
LIGNES AÉRIENNES
POUR
COURANTS ALTERNATIFS (1)

3. — COMPARAISON ENTRE LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE COURANTS ALTERNATIFS AU POINT DE VUE DE L'INDUCTANCE DES LIGNES.

On sait que les poids de cuivre, et par suite les sections à donner aux conducteurs, sont très différents suivant le nombre de phases et les conditions que l'on se propose de réaliser. J'ai montré récemment que la comparaison peut conduire à des résultats aussi variés suivant la base adoptée : égal rendement ou loi de Thomson : je donne ici le tableau qui résume les résultats de cette comparaison, en y ajoutant également les valeurs relatives des *diamètres* des conducteurs. Ceux-ci sont proportionnels aux racines carrées des sections individuelles, qui ont pour valeurs : $\frac{1}{2}$ de la section totale S_1 pour les courants monophasés ; $\frac{1}{3}$ de la section totale S_3 pour les courants triphases ; $\frac{1}{2+\sqrt{2}}$ et $\frac{\sqrt{2}}{2+\sqrt{2}}$ de la section totale S_2 pour les courants diphrasés, etc.

On en déduit les rapports des diamètres $\frac{a}{A}$ en fonction de celui A qui correspond au cas des courants monophasés.

Pour le système triphasé

$$\frac{a}{A}=\sqrt{\frac{2}{2+\sqrt{2}}\frac{S_2}{S_1}} \quad \text{et} \quad \frac{a'}{A}=\sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{2+\sqrt{2}}\frac{S_2}{S_1}};$$

pour le système diphasé

$$\frac{a}{A}=\sqrt{\frac{2}{3}\frac{S_3}{S_1}}$$

et enfin pour le titraphasé

$$\frac{a}{A}=\sqrt{\frac{1}{2}\frac{S_4}{S_1}}$$

C'est ainsi qu'ont été calculés les nombres des 3e, 6e et 9e colonnes du tableau I, p. 394.

Les données ainsi réunies vont nous permettre de faire la comparaison des lignes au point de vue de l'inductance.

Comparaison entre une ligne triphasée équilatérale et une ligne monophasée.

Un premier procédé de comparaison consistera à calculer l'inductance apparente de chaqne système. On a vu plus haut qu'à section de fil égale, elle serait reduite juste de moitié par l'emploi du système triphasé. Mais en réalité, la section de fil n'est pas la même

(1) L'*Eclairage Electrique* du 27 octobre 1894, p. 312.

Digitized by Google

TABLEAU I

Comparaison des lignes mono- et polyphasées, transmettant la même puissance au point de vue du poids de cuivre nécessaire, de la perte de charge ohmique et de la perte d'énergie.

VALEURS en 0/0	A voltage étoilé (minimum) égal						A voltage polygonal (maximum) égal					
	Par la règle de lord Kelvin			A égal rendement de la ligne			Par la règle de lord Kelvin			A égal rendement de la ligne		
	Poids de cuivre total et perte en watts.	Perte de charge ohmique relative.	Diamètre.	Poids de cuivre total et perte en watts.	Perte de charge ohmique relative.	Diamètre.	Poids de cuivre total et perte en watts.	Perte de charge ohmique relative.	Diamètre.	Poids de cuivre total et perte en watts.	Perte de charge ohmique relative.	Diamètre.
A 1 phase, 2 fils.....	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
A 3 phases, 3 fils.	50	50	$\frac{100}{\sqrt{3}}$	25	100	$\frac{100}{\sqrt{6}}$	86,6	86,6	$\frac{100}{\sqrt[4]{3}}$	75	100	$\frac{100}{\sqrt{2}}$
A 2 phases, 3 fils.....	85,2	100	$100\sqrt{\frac{3}{4}}$	72,6	85,2	0,653 et 0,771	120,7	141	$120,7\sqrt{\frac{3}{4}}$	145	85,2	$145\sqrt{\frac{3}{4}}$
A 2 ou à 1 phase, 4 fils.....	100	100	$\frac{100}{\sqrt{2}}$	100	100	$\frac{100}{\sqrt{2}}$	100	100	$\frac{100}{\sqrt{2}}$	100	100	$\frac{100}{\sqrt{2}}$
A 4 phases, 4 fils.....	50	50	$\frac{100}{\sqrt{4}}$	25	100	$\frac{100}{\sqrt{8}}$	100	100	$\frac{100}{\sqrt{2}}$	100	100	$\frac{100}{\sqrt{2}}$

dans les deux cas ; pour poser la question sur ses véritables bases, il faut considérer d'une part les 3 courants triphasés, et d'autre part, un courant monophasé équivalent *unique*, à deux conducteurs égaux entre eux, en supposant que ce courant se subdivise à l'arrivée en trois courants égaux aux courants triphasés et dont la self-induction individuelle sera ainsi le triple de la self-induction du courant monophasé total.

Dans ce cas, le rayon A des conducteurs de ligne monophasée est différent du diamètre des fils triphasés a. Leur écartement D peut être aussi différent de d. On a donc à comparer les deux expressions

$$A = 2\mu L \frac{d}{a} + \frac{\mu}{2} \tag{38}$$

et

$$L = 3 \times 2 \left(2\mu_0 L \frac{D}{A} + \frac{\mu}{2} \right) \tag{39}$$

dont le rapport est

$$\frac{1}{6} \frac{L \frac{d}{a} + \frac{\mu}{4\mu_0}}{L \frac{D}{A} + \frac{\mu}{4\mu_0}} \tag{40}$$

et suivant les cas, la comparaison peut donner des résultats très différents.

Le rapport des sections $\frac{a}{A}$ dépend des conditions qu'on veut réaliser, comme le montre le tableau I.

D'autre part, dans le cas du voltage minimum égal, $\frac{d}{D}$ peut être pris > 1 ou $= 1$, suivant qu'on croit ou non que l'augmentation de voltage entre les conducteurs dans le rapport $\sqrt{3}$ doit exiger un accroissement corrélatif de l'écart.

Nous considérerons donc deux cas extrêmes

$$\frac{d}{D} = 1 \quad \text{et} \quad \frac{d}{a} = \sqrt{3}$$

Digitized by Google

et nous les combinerons respectivement avec les extrêmes relatifs à $\frac{a}{A}$ pour avoir la plus grande et la plus petite économie de self-induction réalisable par le système triphasé.

Le métal employé pour les lignes aériennes industrielles étant en général le bronze, nous ferons $\mu_0 = \mu$. On obtient ainsi le tableau suivant donnant les valeurs de $\frac{A}{a}$ et $\frac{L}{\Lambda}$

Les valeurs extrêmes de $\frac{L}{\Lambda}$ sont, d'après ce tableau, d'une part :

$$6\left[1-\frac{L\sqrt[4]{3}}{\frac{1}{4}+L\frac{d}{a}}\right];$$

et d'autre part;

$$6\left[1-\frac{L\sqrt{6}}{\frac{1}{4}+L\frac{d}{a}}\right]$$

si on admet $\frac{d}{D}=1$ ou

$$6\left[1-\frac{L3\sqrt{2}}{\frac{1}{4}+L\frac{d}{a}}\right]$$

si l'on suppose $\frac{d}{D}=\sqrt{3}$

La fraction dans la parenthèse étant en général inférieure à 0,20, le rapport est ordinairement au moins égal à 5 lorsqu'on s'en tient à $\frac{d}{D}=1$

Appliquons cela par exemple à des fils de 6 mm. de diamètre espacés de c^m60. Cette distance peut rester la même aussi bien pour la ligne triphasée que pour la ligne monophasée. Nous trouverons pour le rapport $\frac{L}{\Lambda}$ les chiffres suivants :

	A maximum égal	A minimum égal avec $d=0{,}60$	A minimum égal avec $d=0{,}60\sqrt{3}$
A égalité de rendement.	5,058	5,076	4,506
A coefficient économique égal.....	5,718	5,400	4,860

Dans un autre cas très différent ($a=1$ mm. et $d=1^m00$) on obtiendrait comme chiffre extrême 5,762 et 5,22 (ou 4,76).

Valeurs des rapports $\frac{L}{\Lambda}$ et $\frac{A}{a}$

		A voltage maximum égal et écartement égal. $\frac{d}{D}=1$	A voltage minimum égal avec $\frac{d}{D}=1$	A voltage minimum égal avec $\frac{d}{D}=\sqrt{3}$
A égalité de rendement...	$\frac{A}{a}=$	$\sqrt{2}$	$\sqrt{6}$	$\sqrt{6}$
	$\frac{L}{\Lambda}=$	$6\frac{\frac{1}{4}+L\frac{d}{a\sqrt{2}}}{\frac{1}{4}+L\frac{d}{a}}$	$6\frac{\frac{1}{4}+L\frac{d}{a\sqrt{6}}}{\frac{1}{4}+L\frac{d}{a}}$	$6\frac{\frac{1}{4}+L\frac{d}{3a\sqrt{2}}}{\frac{1}{4}+L\frac{d}{a}}$
A égalité de coefficient économique total.... ... (Règle de Lord Kelvin)	$\frac{A}{a}=$	$\sqrt[4]{3}$	$\sqrt{3}$	$\sqrt{3}$
	$\frac{L}{\Lambda}=$	$6\frac{\frac{1}{4}+L\frac{d}{a\sqrt[4]{3}}}{\frac{1}{4}+L\frac{d}{a}}$	$6\frac{\frac{1}{4}+L\frac{d}{a\sqrt{3}}}{\frac{1}{4}+L\frac{d}{a}}$	$6\frac{\frac{1}{4}+L\frac{d}{3a}}{\frac{1}{4}+L\frac{d}{a}}$

On voit combien les chiffres varient peu dans les limites ordinaires d'emploi des lignes aériennes.

On voit aussi que l'opinion récemment émise par de savants électriciens américains (1) que l'inductance d'une ligne triphasée est réduite à 0,54 de celle d'une ligne monophasée était encore très au-dessous de la réalité.

La comparaison précédente permet de tenir compte de la ligne dans le calcul des courants sans aucune hypothèse accessoire. Si l'on veut seulement connaître la chute de voltage en ligne, on opérera comme on l'a dit plus haut.

Appliquons ces considérations à un exemple

(1) Scott *on Polyphase Transmission. National Electric light Convention* 1894. *Electrical World*, 17 et 22 mai 1894.

Digitized by Google

concret, celui de la ligne célèbre de *Lauffen-Francfort* : Trois fils de bronze de 175 km. de longueur, de 4 mm. de diamètre, espacés de 1 m. avec 8000 volts environ de tension étoilée à l'arrivée et environ 4 ampères par fil; Résistance ohmique par fil 200 ohms environ (1).

L'inductance pour un fil est

$$\Lambda = 2L\frac{100}{0,2} + \frac{1}{2} = 12,90 \text{ c. g. s.}$$

par centimètre, 13 en chiffres ronds; c'est-à-dire 1,3 millihenry par kilomètre, soit en tout 227 millihenrys. La fréquence est de 40ω.

Supposons les courants sinusoïdaux et le décalage à l'arrivée négligeable ($\varphi = 0$) comme cela avait lieu quand on alimentait *des lampes* en pleine charge, et cherchons le voltage étoilé au départ nécessaire. La perte ohmique $rI = 200 \times 4 = 800$ volts, la réactance $\omega\Lambda = 251,2 \times 0,227 = 57$ ohms, la force électromotrice réactive $= \omega\Lambda I = 57 \times 4 = 228$ volts. Le voltage résultant est

$$U' = \sqrt{(8800)^2 + (228)^2} = 8800,6 \text{ volts.}$$

On voit que la chute supplémentaire de potentiel en ligne due à la réactance était absolument négligeable (2); le décalage β de la force électro-motrice à l'origine de la ligne est lui-même insignifiant.

$$\text{tg } \beta = \frac{228}{8800} = 0,026 \text{; ou } \beta = 1°30' \text{ environ}$$

Prenons maintenant avec la même fréquence une ligne monophasée transportant la même puissance 12 ampères × 8000 volts avec le même rendement, c'est-à-dire donnant la même perte ohmique de 700 volts. On aura 2 conducteurs ayant chacun une section 6 fois plus forte que la précédente, c'est-à-dire un rayon

$$a = 2\sqrt{6} = 4^{mm}898$$

La résistance de chaque fil sera

$$\frac{200}{6} = 33,33 \text{ ohms}$$

L'inductance *pour l'ensemble des 2 fils* est alors par centimètre

$$\Lambda = 1 + 4L\frac{100}{0,49} = 21,25 \text{ c. g. s.}$$

ou par kilomètre 2,125 milliheurys, soit en tout 372 millihenrys.

Le circuit unique portant 12 ampères est donc équivalent à 3 circuits séparés portant chacun 4 ampères et ayant chacun une résistance de 200 ohms et une inductance de $3 \times 372 = 1,116$ millihenrys.

La perte de voltage s'obtient encore on composant la chute ohmique 800 volts avec la force électro-motrice réactive, qui a ici pour valeur

$$\omega LI = 251,2 \times 0^h372 \times 12^a = 93,4 \text{ ohms} \times 12^a = 1121 \text{ volts}$$

Le voltage au départ devrait donc être

$$\sqrt{(8800)^2 + (1121)^2} = 8872 \text{ volts}$$

Le décalage a pour expression

$$\text{tg } \beta = \frac{1121}{8800} = 0,127$$

D'où $\beta = 7°13$, chiffre 7 fois plus fort que tout à l'heure.

La chute, de voltage qui tout à l'heure était 800 volts, se trouve portée à 872, ce qui fait une augmentation de 10 o/o par le fait de la réactance.

Cette fois l'effet de l'inductance est donc tout à fait sensible même par la chute de voltage en ligne. Elle le serait bien plus encore si la fréquence n'était pas aussi basse (40 ∞); mais j'ai tenu à prendre un exemple conforme à la pratique européenne, pour faire voir que l'inductance des lignes triphasées est négligeable dans ces conditions.

On voit par cet exemple, combien est nette la supériorité du système triphasé sur le monophasé, à puissance égale.

Si on installait, au lieu d'une seule ligne monophasée de rayon 4,898mm., 3 lignes à 2 conducteurs de section double de celle des conducteurs triphasés et assez espacés pour n'avoir pas d'induction mutuelle de circuit à

(1) J'arrondis ici un peu les chiffres pour plus de simplicité.

(2) Si l'on calculait cette chute par l'impédance, on aurait trouvé

$$U' = 8000 + \sqrt{(800)^2 + (228)^2} = 8,845 \text{ volts}$$

chiffre trop élevé.

Digitized by Google

circuit, la perte ohmique resterait la même et l'inductance ne serait plus quintuplée, mais simplement doublée.

Si on était amené, contrairement à l'usage, à employer des lignes industrielles *en fer*, la supériorité du système triphasé resterait la même par rapport à 3 lignes monophasées isolées, mais ne serait pas sensiblement plus accusée par rapport à une ligne unique, contrairement à ce qui a lieu pour les lignes en cuivre.

Comparaison entre une ligne diphasée équilatérale et une ligne monophasée de même puissance.

La comparaison des lignes diphasées et monophasées peut, comme on l'a vu plus haut, se ramener sans grande erreur, au cas de la ligne diphasée équilatérale qui est la plus simple.

Supposons encore que nous nous proposions de réaliser dans les deux cas le même rendement de ligne avec la même tension étoilée U. Le tableau I montre que le poids de cuivre total est 0,726 de ce qu'il serait pour une ligne monophasée. Si nous appelons A, le rayon de section de la ligne monophaséé, les conducteurs de la ligne diphasée devront donc avoir pour rayons dans cette hypothèse

$$a_2 = a_3 = \sqrt{\frac{0{,}726 \times 2}{3{,}41}}\,A = \sqrt{0{,}4265}\,A = 0{,}653\ A$$
$$a_1 = a_2\sqrt[4]{2} = \sqrt{0{,}599}\ A = 0{,}774\ A$$

Prenons encore comme point de comparaison la ligne de Lauffen (175 km), en admettant que les distances des conducteurs restent les mêmes que dans l'exemple précédent (1 m). Pour transporter la même puissance de 96 kilowatts par deux courants diphasés, avec même rendement de 10 o/o, on devra avoir à l'arrivée

$$U_2 = U_3 = 8{,}000 \text{ volts}$$
$$\text{et} \quad I_1 = I_2 = 6 \text{ ampères.}$$

Ou, en arrondissant,

$$a_2 = a_3 = 0{,}653 \times 4^{mm}898 = 3^{mm}198$$
$$a_1 = 0{,}774 \times 4{,}898 = 3{,}791$$

Nous aurons dans ces conditions

$$a_2 = 3{,}20 \quad \text{et} \quad a_1 = 3{,}79$$

D'où

$$M = -2L\,100 = -10{,}40$$
$$L = \frac{1}{2} - 2L\,0{,}320 = 2{,}774$$
$$L' = \frac{1}{2} - 2L\,0{,}379 = 2{,}438$$
$$\lambda' = L' - M = 12{,}838 \qquad \Lambda' = 225 \text{ millihenrys}$$
$$\lambda = L - M = 13{,}174 \qquad \Lambda = 231 \text{ millihenrys}$$

et par suite

$$\omega\Lambda' = 56{,}5 \text{ ohms}, \quad \text{et} \quad \omega\Lambda = 58 \text{ ohms}$$

La résistance était de 200 ohms par fil de 2 mm. de rayon ; on aura donc ici

$$r = \left(\frac{2}{3{,}20}\right)^2 200 = 78 \text{ ohms}$$
$$r' = \left(\frac{2}{3{,}79}\right)^2 200 = 55{,}50 \text{ ohms}$$

On en déduit par les formules 43 et 44

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{58 + 56{,}5 - 55{,}50}{1333 + 78 + 55{,}50 + 56{,}5} = \frac{59}{1523}$$
$$\operatorname{tg}\alpha_3 = \frac{58 + 56{,}5 + 55{,}50}{1333 + 78 + 55{,}50 - 56{,}5} = \frac{111{,}50}{1410}$$
$$U'_2 = 6\sqrt{(1523)^2 + (59)^2} = 9.156 \text{ volts}$$
$$U'_3 = 6\sqrt{(1410)^2 + (111)^2} = 8.508 \text{ volts}$$

La moyenne est

$$\frac{U'_2 + U'_3}{2} = 8.832 \text{ volts}$$

Si on compare ce chiffre à ceux obtenus précédemment, c'est-à-dire 8.800,6 pour la ligne triphasée et 8.872 pour la ligne monophasée, on voit que la ligne diphasée produit une chute de voltage intermédiaire ; elle est donc meilleure que la ligne simple et inférieure à la ligne triphasée. Son principal inconvénient est la dissymétrie considérable qu'elle produit entre les deux branches, même à charges égales. Il ne faut pas cependant en exagérer l'importance ici, car la différence de charges produirait forcément un effet analogue ; mais il est nécessaire de lutter contre le préjugé qui représente souvent, à tort, les deux courants comme indépendants, par opposition aux courants triphasés.

Ligne à 4 fils

L'économie de cuivre réalisée par l'emploi

Digitized by Google

d'un retour commun pour les courants diphasés étant très faible et souvent même problématique (voir le tableau 1, p. 394), il est généralement tout aussi avantageux et en tout cas plus commode au point de vue de l'indépendance des circuits d'adopter une ligne à 4 fils, constituant deux circuits indépendants. C'est ce qui a été fait par exemple à Noisiel (1) et ce qu'on doit faire à Niagara Falls ; dans ce cas on doit disposer évidemment les circuits suivant les diagonales d'un quadrilatère doublement isocèle, de façon à annuler leur induction mutuelle comme on le fait sur les lignes télégraphiques (2). La figure 12 représente les différents modes pratiques d'équipement F, G, H qui permettent de réaliser cette condition,

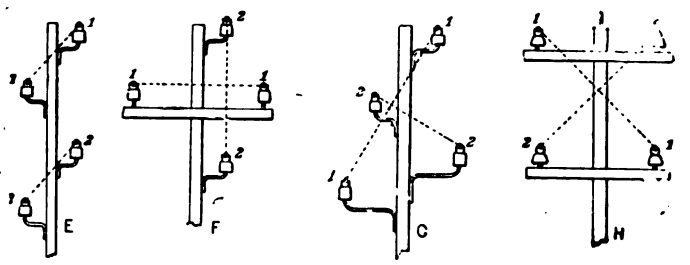


fig. 12. — Divers modes d'équipement des lignes à 4 fils pour courants diphasés ou deux courants monophasés. — E, Dispositif présentant de l'induction. F, G, H, Dispositif sans induction.

par opposition à la disposition mauvaise E. Le décalage $\frac{\pi}{2}$ peut être alors exactement conservé, ce qui est un avantage relativement à la ligne à 3 fils. L'inductance de chaque circuit se calculera comme s'il était seul, d'après la formule ordinaire.

Pour que les deux circuits soient symétriques, il faut prendre les deux diagonales du quadrilatère égales. La distance des deux fils d'un même circuit sera alors $\sqrt{2}$ fois plus grande que la distance des fils voisins D.

Si au lieu des 2 circuits diphasés on employait un seul circuit monophasé, la distance des fils, toutes choses égales d'ailleurs, pourrait être seulement D, mais le diamètre serait $\sqrt{2}$ fois plus fort ; et, si l'on divise le courant à son arrivée en 2 circuits, il faudrait affecter à chacun pour sa part le double de l'inductance de ligne. On aura donc, en appelant L l'inductance d'un des circuits diphasés et L′ celle du circuit monophasé équivalent

$$\frac{L}{L'} = \frac{1}{2}\,\frac{L\frac{d}{a} + \frac{\mu}{4\mu_0}}{L\frac{D}{a\sqrt{2}} + \frac{\mu}{4\mu_0}}$$

Faisons $p_0 = p = 1$ et $D = \frac{d}{\sqrt{2}}$

$$\frac{L}{L'} = \frac{1}{2}\,\frac{4\left(L\frac{d}{a} + \frac{1}{4}\right)}{4\left(L\frac{d}{2a} + \frac{1}{4}\right)}$$

Dans l'exemple de tout à l'heure où $d = 1$ m. $a = 2$ m., on trouve

$$\frac{L}{L'} = \frac{1}{2}\,\frac{25{,}80}{23{,}06} = 0{,}56$$

L'avantage au point de vue de l'inductance (la résistance est la même dans les deux cas) est donc du côté du système à 4 fils. Cela était évident à priori, parce que le changement de l'écartement et du rayon des fils n'augmente que très peu le logarithme tandis que la séparation du courant en deux branches qui n'ont pas d'induction mutuelle réduit de moitié la force électro-motrice d'induction qu'il produit.

A ce point de vue on doit recommander le *dédoublement* même des lignes monophasées. Pour bien saisir l'avantage ainsi réalisé reprenons l'exemple précédent et évaluons le voltage U′ qui sera suffisant si l'on remplace les

(1) Voir l'intéressant article de M. P. Boucherot, *Lumière Électrique*, année 1893.

(2) Voir le *Traité de construction des lignes*, de MM. Boussac et Massin.

Digitized by Google

2 conducteurs par 4 autres formant deux circuits sans induction mutuelle.

On devra prendre

$$a = \frac{4^m 90}{\sqrt{2}} = 3^m m 46 \qquad d = 1^m 41 \text{ et } I = 6 \text{ amp.}$$

On aura pour inductance linéaire de chaque circuit

$$\lambda = 4\left(L\,\frac{141}{0{,}346} + \frac{1}{4}\right) = 26 \text{ c. q. s. par centimètre}$$

D'où l'inductance totale

$$\Lambda = 0{,}437 \text{ millihenrys et } \omega\Lambda = 107 \text{ ohms}$$

Par suite

$$U' = \sqrt{8800^2 + 650^2} = 8{,}824 \text{ volts}$$

tandis que la ligne équivalente à 2 fils et même rendement exigeait 8.872 volts; l'effet de l'inductance est donc réduit de 72 à 24 volts; l'avantage serait évidemment plus marqué si l'on avait choisi une ligne à plus haut rendement et plus haute fréquence.

Si l'on compare d'un autre côté la ligne à 4 fils avec la ligne équilatérale diphasée déjà étudiée avec le même écartement minimum de 1 m., on voit que la chute du voltage par induction se trouve ici encore réduite, bien que dans une proportion assez faible. Par conséquent la ligne diphasée à 4 fils n'a contre elle que la légère augmentation de cuivre qu'elle impose et dans bien des cas les avantages de l'indépendance la feront préférer à la ligne à 3 fils, si tant est qu'on tienne à employer des lignes diphasées pour le transport à distance au lieu des lignes triphasées plus économiques.

Comparaison entre les hautes et basses fréquences

Dans l'exemple de la ligne de Lauffen et les comparaisons que j'en ai tirées, je n'ai pu considérer qu'une fréquence relativement basse (40 ∽) et les effets d'induction sont peu marqués. Il est intéressant de voir quels résultats on obtiendrait en modifiant simplement la fréquence, de façon à la porter à une valeur industriellement très élevée 120 ∽. La seule modification à introduire dans les équations écrites précédemment sera de tripler les inductances $\omega\Lambda$, $\omega\Lambda'$. Le tableau suivant résume comparativement toutes les données et les résultats obtenus dans les deux hypothèses; il pourra servir de résumé de tout ce qui précède. Pour mieux illustrer la comparaison, j'ai joint à chaque cas le graphique correspondant, à l'échelle indiquée à la figure 21.

TABLEAU III

TRANSPORT D'ÉNERGIE DE 96 KILOWATTS

à 8.000 volts de tension minima à l'arrivée avec rendement de ligne de 0,90 et facteur de puissance des récepteurs $\cos\varphi = 1$.

Ligne triphasée à 3 fils

$I = 4$ amp.; $a_1 = a_2 = a_3 = 2^{mm}$; $d = 1^m 00$; $r = 200$ ohms; $rI = 800$ volts.

Fréquence 40 ∽	Fréquence 120 ∽
$\omega\Lambda = 57$ ohms	$\omega\Lambda = 171$ ohms
$\omega\Lambda I = 228$ volts	$\omega\Lambda I = 684$ volts
$U = \sqrt{8880^2 + 228^2} = 8800{,}6$	$U' = \sqrt{8800^2 + 684^2} = 8826$ volts
$\text{tg}\,\beta = \frac{228}{8800} = 0{,}026 \qquad \beta = 1°30$	$\text{tg}\,\beta = \frac{684}{880}$

Digitized by Google

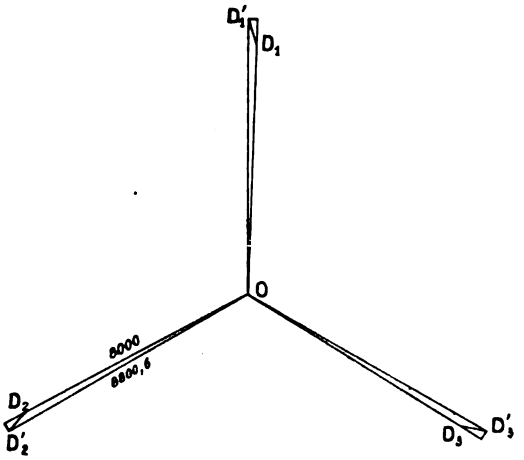


Fig. 13.

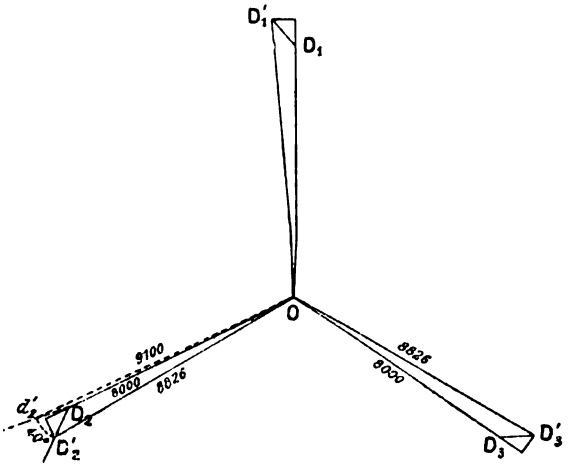


Fig. 14.

Ligne diphasée

I = 6 amp. ; $a_1 = a_2 = 3^{mm}20$; $a_1 = 3^{mm}79$; $d = 1^{m}00$; $r = 78$ ohms ; $r = 55{,}5$ ohms ; $rI = r'I\sqrt{2} = 468$ volts.

Fréquence 40 ∽

$\omega\Lambda = 58$ $\omega\Lambda' = 56{,}5$ ohms

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{114{,}5 - 55{,}50}{1466{,}50 + 56{,}5} = \frac{59}{1523}$$

$$\operatorname{tg}\alpha_3 = \frac{114{,}5 + 55{,}50}{1466{,}50 - 56{,}5} = \frac{111}{1410}$$

$U'_2 = 6\sqrt{1523^2 + 59^2} = 9156$ volts

$U'_3 = 6\sqrt{1410^2 + 111^2} = 8508$

Fréquence 120 ∽

$\omega\Lambda = 174$ $\omega\Lambda' = 168{,}5$

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{337{,}5 - 55{,}50}{1466{,}50 - 168{,}5} = \frac{282}{1634{,}25}$$

$$\operatorname{tg}\alpha_3 = \frac{337{,}5 + 55{,}50}{1466{,}50 - 168{,}5} = \frac{393}{1298}$$

$U'_2 = 6\sqrt{1634^2 + (282)^2} = 9935$ volts

$U'_3 = 6\sqrt{1298^2 + 393^2} = 8166$

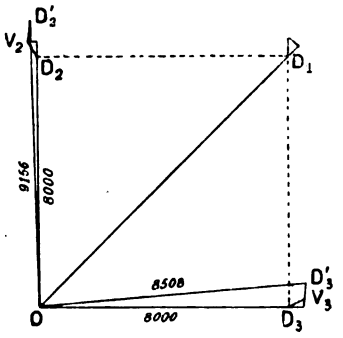


Fig. 15.

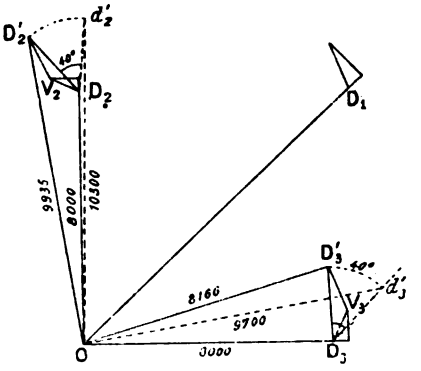


Fig. 15.

Ligne monophasée à 2 fils

I = 12 amp. ; $a = 4^{mm}90$; $r = 66{,}66$ ohms ; $d = 1^{m}00$; $rI = 800$ volts.

Fréquence 40 ∽

$\omega\Lambda = 93{,}4$ ohms

$\omega\Lambda I = 1121$ volts

$U' = \sqrt{8800^2 + 1121^2} = 8872$ volts

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{1121}{8800}$$

Fréquence 120 ∽

$\omega\Lambda = 280{,}2$ ohms

$\omega\Lambda I = 3363$ volts

$U' = \sqrt{8800^2 + 3363^2} = 9420$ volts

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{3363}{8800}$$

Digitized by Google

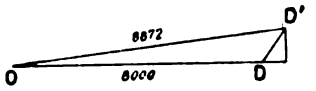


Fig. 17.

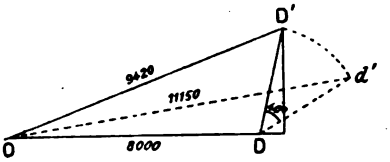


Fig. 18.

Ligne à 4 fils sans induction

I = 6 amp.; $a = 3^{mm},46$; $d = 1^{m},41$; $r = 133,33$ ohms.

Fréquence 40 ∽

$\omega A = 107$

$\omega A I = 656$

$U^1 = \sqrt{8800^2 + 656^2} = 8824$ volts

$\text{tg}\,\beta = \frac{1121}{8800}$

Fréquence 120 ∽

$\omega A = 321$ ohms

$\omega A I = 1926$ volts

$U^1 = \sqrt{8800^2 + 1926^2} = 9015$ volts

$\text{tg}\,\beta = \frac{1926}{8800}$

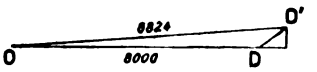


Fig. 19.

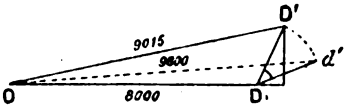


Fig. 20.

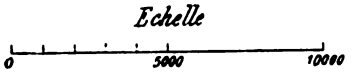


Fig. 21. — Echelle en volts des figures 13 à 20.

Influence du décalage dans les appareils récepteurs

Comme pour les lignes monophasées, le décalage peut modifier dans une très importante proportion les chiffres obtenus en supposant que le courant et la différence du potentiel à l'arrivée ne présentent aucune différence de phase.

Pour nous en rendre compte il suffit de reprendre les mêmes exemples en supposant un décalage important, par exemple $\varphi = 45°$ ($\cos\varphi = 0,707$) valeur qui est rarement dépassée dans la pratique.

La puissance se réduit alors à

$$96000 \times 0,707 = 68000 \text{ w.}$$

Comme les formules deviennent passablement compliquées, j'ai fait les calculs seulement graphiquement dans le cas le plus net, celui de 120 ∽ ; pour cela il a suffi de décaler sur les épures toutes les inpédances du même angle de 45°. Les résultats ainsi obtenu sont représentés par des lignes pointillées; les principaux chiffres correspondants sont résumés ci-dessous :

Système triphasé :		9100 volts au départ
—	diphasé :	9700 et 10300 volts
—	monophasé :	11150 volts
—	à 4 fils :	9800 volts.

On voit que tous les voltages se trouvent considérablement augmentés; par contre, l'inégalité des deux voltages du système diphasé se trouve très réduite, bien que la différence de phases soit toujours altérée.

A. Blondel.

(*A suivre.*)

Digitized by Google

EXCURSION EN BELGIQUE
ET A L'EXPOSITION D'ANVERS

Par suite d'une erreur dans notre précédent numéro, il faut remplacer les lignes 17, 18, 19, 20, 21 de la 2e colonne page 291, par le texte suivant :

La Compagnie d'Electricité et d'Hydraulique fournit au moyen de 2 dynamos shunt de 150 kilowatts, sous 125 volts, l'énergie électrique nécessaire pour l'alimentation d'environ 200 foyers à arc et un millier de lampes à incandescence ainsi que pour 25 moteurs électriques de $\frac{1}{4}$ à 50 chevaux répartis en différents points de l'Exposition.

Les dynamos génératrices comportent un système inducteur tétrapolaire en acier doux et un induit en tambour.

L'induit est constitué au moyen de barres de cuivre estampées et isolées les unes des autres par un intervalle d'air convenable; une couche de vernis émail recouvre les barres, pour prévenir l'oxydation.

L'élévation de température de ces machines ne serait, paraît-il, que de 23° au-dessous de la température ambiante après 5 heures de marche en charge.

La distribution se fait à 3 fils; les différents circuits aboutissent à un tableau placé dans l'Exposition.

Le réglage de la différence de potentiel est faite par un préposé; l'installation étant toute temporaire on n'a pas jugé utile d'employer de compensateurs.

Outre les dynamos génératrices et les moteurs, la Compagnie d'Electricité et d'Hydraulique expose un matériel complet d'installation de mines ; ventilateurs, pompes, perforatrices, etc.

Notamment la perforatrice électrique permet d'obtenir un avancement de 10 cm. par minute au travers du grès d'Ecoussines pour des forages de 30 mm. de diamètre en absorbant 11 A sous 110 V.

La Compagnie Internationale d'Electricité (Pieper, à Liège), possède dans l'exposition d'Anvers deux vastes emplacements.

Dans le premier la Compagnie a exposé deux dynamos compound de 80 kilowatts sous 500 à 550 volts à la vitesse de 500 tours par minute (fig. 9); le rendement serait d'environ 0,92 en pleine charge.

La disposition de ces machines à 4 pôles rappelle celle des dynamos Thomson-Houston.

La culasse et les inducteurs sont en acier doux; les induits sont du genre Gramme; les collecteurs sont pourvus de frotteurs en charbon.

Ces machines sont habituellement établies pour transmission d'énergie; ici, elles sont employées à l'alimentation des lampes à arc pour l'éclairage des jardins.

Les deux dynamos sont accouplées en quantité sur un tableau de distribution qui porte un parafoudre automatique double, système Pieper: dans le circuit de chaque machine est intercalé un disjoncteur automatique destiné à ouvrir le circuit chaque fois que l'intensité dépasse une valeur déterminée.

Probablement la nécessité de posséder un groupe de rechange, autant que les agrandissements successifs conduisirent la Manufacture à adjoindre une nouvelle unité à la grande dynamo que nous venons de décrire.

La deuxième unité mise en service est un groupe Willans-Pieper à 4 pôles pouvant fournir 1400 ampères sous 125 volts à 350 tours par minute.

Le moteur à vapeur de ce groupe, fonctionne à condensation à la pression de 8 atmosphères, 5.

Le courant des machines est amené à un tableau monumental; les deux enroulements de la grande génératrice sont reliés en quantité au tableau avec la machine de 1400 ampères.

Le tableau porte des parafoudres, coupe-circuits, etc.

Un électricien, guidé par des signaux optiques, règle la tension des machines.

(1) *L'Eclairage Electrique* du 29 septembre 1894 p. 126.

Digitized by Google

Les ateliers comprennent près de 900 machines-outils ainsi réparties :

L'atelier de travail des bois.....	33	outils.
L'atelier de travail des métaux...	714	—
— — de précision..	60	—
— — de polissage..	41	—
	9	—
Forges.....	32	—
	889	outils.

La répartition des moteurs pour les transmissions des différentes salles est la suivante :

Désignation des ateliers	Nombre de moteurs	Pce en chevaux unitaire	Pce en chevaux ensemble	Rendement industriel garanti	Puissance absorbée en chevaux.
Forges.....	2	37	74	0,89	83,1
Travail des bois.	1	21	21	0,87	24,1
Hall principal..	5	16	80	»	92
	2	21	42	»	48,2
	4	29	116	»	133,2
Polissage.....	1	21	21	»	24,1
Manchonnage..	1	16	16	»	18,4
Cartoucherie...	1	21	21	»	24,1
	1	3	3	0,80	3,7
Matriçage.....	1	8	8	0,85	9,4
Alimentation des chaudières.	1	10	10	0,87	11,7
Condenseur....	1	16	16	»	18,4
Totaux..	21		428		490,1

Le rendement de l'ensemble des moteurs est de :

$$\frac{428}{490} = 0{,}873$$

La perte dans la canalisation est de 2 o/o.

Le rendement de l'installation électrique est donc :

Génératrice Ligne Moteurs

$$0{,}90 \times 0{,}98 \times 0{,}873 = 0{,}769 \text{ soit } 0{,}77$$

En admettant 0,90 pour les transmissions depuis les réceptrices jusqu'aux machines-outils, et 0,94 pour le moteur à vapeur, on arrive à un rendement final de

$$0{,}94 \times 0{,}77 \times 0{,}90 = 0{,}65$$

Le chiffre de 0,90 pour les transmissions est admissible élevé si l'on veut tenir compte des courroies, des frottements, etc; on peut donc considérer 0,65 comme se rapprochant beaucoup du chiffre réel en pratique.

Si l'on s'étonne d'un rendement si bas, il ne faut pas en accuser l'installation électrique qui a été conçue et exécutée de façon à honorer ses auteurs. Il faudra admettre ce rendement comme très normal pour les conditions spéciales — dépendant de la Manufacture — et imposées aux électriciens. Il est probable que tout autre monde de transmission que l'emploi des moteurs électriques aurait conduit à de sérieux mécomptes d'exploitation.

L'électricité conserve, en outre, tous les avantages quant au développement futur et probable de l'usine.

Les moteurs électriques ont été installés de façon à simplifier le service le plus possible.

Chaque moteur attaque un arbre de transmission principal.

Les moteurs d'un même bâtiment sont placés les uns derrière les autres dans une sorte de long couloir; un seul électricien suffit pour leur surveillance, les machines étant toutes à paliers graisseurs.

Pour les ateliers à bois, les arbres principaux traversent les cloisons de sorte que les moteurs qui les conduisent sont placés dans les ateliers voisins où n'existent pas de dangers d'incendie.

Les moteurs, du type Manchester, sont munis chacun d'un ampèremètre et d'un dispositif de démarrage à déclenchement automatique, figure 5, (n° du 27 octobre 1894) pour la rupture du circuit en cas de courants excessifs.

Le démarrage est obtenu en intercalant un rhéostat convenable dans le circuit de l'induit après avoir lamé le courant d'excitation dans les inducteurs. Ainsi que le montre la figure 5 (n° du 27 octobre) une seule manette est à la disposition de l'électricien.

Au repos un fort ressort à boudin rappelle la manette sur un plot nul, le circuit est ouvert.

En déplaçant la manette de gauche à droite, le circuit d'excitation est d'abord fermé, puis le rhéostat du circuit d'induit est intercalé en entier; à mesure que le moteur atteint sa vitesse de régime, la manette est déplacée vers la position de court circuit du rhéostat.

A ce moment un taquet placé sur le même

Digitized by Google

tableau de manœuvre enclenche la manette qui ne peut plus être libérée sans que le taquet ait été effacé. Cette dernière opération peut être faite à la main, en cas de courant trop intense dans le moteur un électro-aimant attire le taquet et la manette revient à sa position de repos sous l'action du ressort antagoniste. Le grand nombre de touches du rhéostat permet une graduation suffisante du courant au moment de l'arrêt pour atténuer convenablement les étincelles de rupture.

L'éclairage est assuré par 135 lampes à arc de 10 à 12 ampères et 500 lampes à incandescence de 16 bougies.

Disons un mot des installations accessoires.

La chaufferie comprend :

1° 4 chaudières tubulaires à 2 bouilleurs, système Piedbœuf, à Jupille, dont voici les principales dimensions :

Diamètre du corps principal du bouilleur 1m900;

Nombre de tubes du faisceau : 34.

Diamètre d'un tube : 89 mm.

Surface de chauffe par générateur : 150 mm².

2° 2 chaudières Mathot, à Chênée, timbrées à 10 atmosphères, de 180 m² de surface de chauffe chacune.

La consommation de charbon aux chaudières est de 600 kg. à 700 kg. par heure; durée de marche : 10 heures.

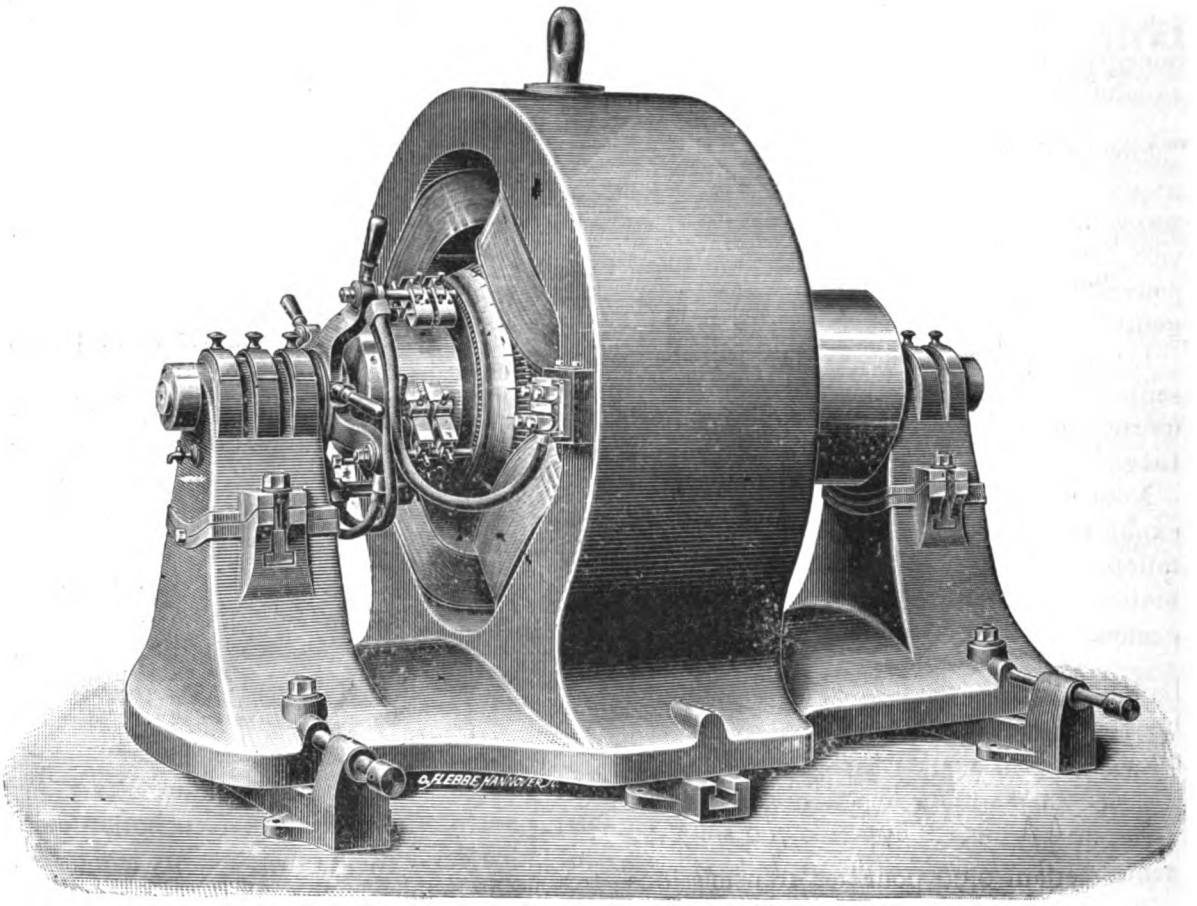


Fig. 9 — Dynamo de la Compagnie Internationale de Liège.

La production de vapeur est de 7,000 kg. par heure dont 2,000 kg. à 3,000 kg. pour la chaufferie et 4 à 5,000 kg. pour les moteurs à vapeur et les pompes.

L'eau d'alimentation est prise au canal de Liège à Maëstricht par une pompe qui fournit 35m³ à l'heure.

Cette eau, très chargée, est traitée par l'alu-

Digitized by Google

minate de soude et la chaux dans un *épurateur Gaillet*, puis filtrée sur des copeaux de bois.

Pour le service de la condensation, les difficultés pour avoir de l'eau ont obligé à réemployer les eaux sortant du condenseur ; celles-ci sont refoulées dans un réservoir de 50m³ à 12m de hauteur et passent de là dans un réfrigérant, *système Sée*, dont elles sortent par une quantité de petits tuyaux débouchant dans l'air en nombreux jets. Les eaux sont ensuite ramenées au condenseur par une pompe de circulation.

Liège possède également un tramway électrique avec canalisation aérienne sous 500 volts, avec retour par la terre dont le service est assuré par 5 voitures motrices qui peuvent remorquer chacune 2 voitures à voyageurs.

Le réseau a 3 kilomètres de long et présente des pentes de 4 o/o. Le matériel a été fourni par la Compagnie internationale de Liège.

Nous ne nous étendrons pas plus sur cette exploitation, Bruxelles présentant des exploitations de tramways beaucoup plus importantes desquelles nous allons maintenant nous occuper.

Les tramways électriques de Bruxelles ont été installés d'une façon très remarquable par l'Union Elektricitats Gesellschaft.

Anciennement une exploitation de tramways électriques munis d'accumulateurs avait été tentée par une autre Compagnie mais n'avait pas réussi à Bruxelles lorsque l'Union Elektricitats Gesellschaft proposa aux tramways bruxellois de créer une exploitation avec canalisation aérienne.

On sait que les Bruxellois possèdent une très jolie ville, facilement comparable à Paris comme beauté et comme esthétique ; ils ne se trouvent cependant pas incommodés dans leurs sentiments artistiques par les canalisations aériennes. En effet, l'administration des Postes et Télégraphes s'est chargée de faire l'éducation du public belge en sillonnant les rues d'un réseau de fils très fourni. Il est vrai que ce réseau est tendu au-dessus des toits des maisons, c'est-à-dire à la hauteur d'un quatrième ou d'un cinquième étage. Il n'en est pas moins vrai que les plus grands soins d'installation ont été pris, tant pour l'exploitation que pour la correction des lignes ; l'administration a montré qu'il était possible de faire des canalisations aériennes non disgracieuses.

Avec cet état d'esprit, quoique les fils de trolley aient rencontré au début à Bruxelles beaucoup d'opposants, le montage ayant été fait avec goût ainsi que l'appareillage, les tramways électriques ont parfaitement réussi. A titre d'exemple nous donnons fig. 10 la reproduction d'une photographie prise sur la ligne des chemins de fer vicinaux.

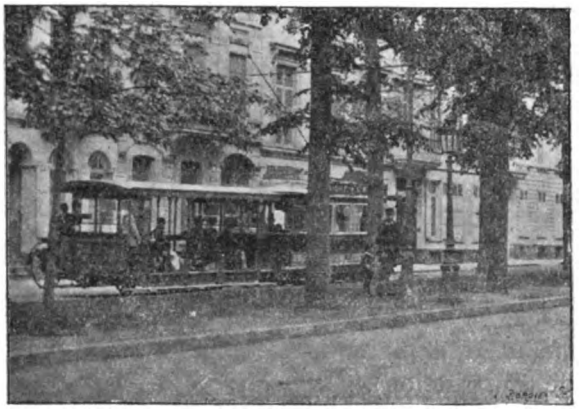


Fig. 10.

Les feeders étant souterrains, l'œil n'est nullement choqué par les fils de trolley qui seraient encore moins accentués si, pour éviter les accidents en cas de chûte des fils téléphoniques ou télégraphiques, les croisements avec ceux-ci n'étaient protégés par une latte placée au-dessus du fil de trolley.

Il est encore à noter que les tramways traversant les beaux quartiers de Bruxelles, longent les boulevards et que la perspective n'est nullement gâtée. Quant à l'encombrement, il est insignifiant.

(Il n'y a qu'à souhaiter aux récalcitrants de Paris d'aller à Bruxelles pour modifier leur opinion routinière ou un peu entêtée ; nous

Digitized by Google

sommes persuadés que la guérison serait inévitable et qu'en attendant un métropolitain à traction mécanique quelconque, coûteux et problématique, nous pourrions avoir, au moins comme essai, une ligne de tramways à canalisation aérienne suivant le tracé des boulevards dits *extérieurs*, par exemple. Cette idée, — espérance très vague! — est partagée par beaucoup d'électriciens; mais nul doute qu'après cette tentative, notre belle ville ne serait enfin dotée de moyens rapides de transports qu'elle est encore réduite à envier à Bruxelles, à Liège et à tant d'autres. Cependant l'Exposition de 1900 approche...)

L'Union Elektricitats Gesellschaft était d'ailleurs tellement convaincue du succès qu'elle n'a pas hésité à faire grandement les choses et à monter immédiatement une usine de puissance quintuple à la demande actuelle; nous allons voir comment le programme a été exécuté.

Trois installations ont été faites à Bruxelles sur trois lignes séparées appartenant à deux Compagnies anonymes différentes :

A. *La Société anonyme des tramways* bruxellois dont l'usine est sise rue Brogniez, exploitant deux lignes;

B. La *Société Nationale des Chemins de fer vicinaux*, exploitant une ligne (usine sise rue de l'Instruction).

Les tramways bruxellois exploitent les lignes :

1° De la gare du Midi à la gare du Nord par les hauts boulevards, longueur 4,700 km.;

2° Place Stéphanie à Uccle, longueur 3,950 km.

Ces deux routes sont à double voie sauf quelques centaines de mètres sur la deuxième et encore va-t-on, pour accélérer le service, placer partout la double voie.

La Société nationale des chemins de fer vicinaux exploite la ligne de la place Rouppe à la petite Espinette, longueur 9,800 km. (1 voie avec évitements).

Les rampes maxima sont les suivantes :

7 centimètres par mètre : Bruxellois;

7,2 cm. par mètre : Vicinaux.

Les courbes minima sont de 30 mètres.

Donnons quelques détails sur l'installation des usines :

L'usine de la rue Brogniez (*tramways bruxellois*) se compose :

1° De 3 chaudières Babcock et Willcox, de Londres (il y a place pour 6);

2° De 5 machines à vapeur de 150 chevaux Mac Intosh Seymour compound en tandem construites par Loeve, de Berlin. Ces machines fonctionnent sans condensation, à la pression de 6 à 8 kg. et tournent à 200 tours par minute; chaque moteur à vapeur commande une dynamo Thomson-Houston à 4 pôles de 100 kilowatts sous 500 à 550 volts à 600 tours (constructeurs : l'Union Allgemeine Gesellschaft de Berlin).

L'usine est en installation depuis janvier 1894 et fonctionne depuis fin avril; elle est prévue pour 8 groupes de machines.

Actuellement un seul groupe suffit pour le service à la grande rigueur.

Disons en passant que l'installation comporte un réchauffeur pour la vapeur d'échappement qui porte l'eau du puits d'alimentation à 75 degrés et un épurateur automatique Dervaux.

La consommation actuelle de charbon par jour est de 5400 k., une seule chaudière assurant le service.

L'usine des *Vicinaux* se compose des mêmes éléments que l'usine des *tramways bruxellois*, mais le nombre des unités est moindre : 2 chaudières et 2 machines à vapeur à condensation, 2 dynamos.

Ces deux usines sont, on le voit, montées avec les perfectionnements les plus récents; il sera intéressant de connaître le rendement commercial en fin d'exercice.

La distribution aux voitures se fait, d'après ce que nous avons dit pour les génératrices, au régime de 500 volts environ, les feeders sont espacés de 500 en 500 mètres et sont souterrains.

Digitized by Google

Il y a actuellement sur la ligne :

Boulevards ; 14 voitures motrices, 16 les jours fériés ; départs de 5 en 5 minutes.

Uccle : 4 voitures motrices, 5, les jours fériés ; départs de 15 en 15 minutes.

Vicinaux : 6 voitures motrices, 12 les jours fériés ; départs de 15 en 15 minutes ; les dimanches, 2 trains partent à la fois.

Le premier départ des *tramways bruxellois* a lieu à 6 1/2 h. ; la dernière voiture rentre à 1 heure du matin. Aux Vicinaux, le premier départ a lieu à 7 heures du matin et le dernier à 10 1/2 h. du soir.

La vitesse moyenne, arrêts compris est de 11 kilomètres à l'heure.

Chaque voiture motrice est munie de 2 moteurs de 15 à 25 chevaux type Thomson-Houston à 4 pôles et montés sur un truck Cail Halot de Bruxelles.

Cet appareil de manœuvre est du genre des appareils compteurs ordinaires de Thomson Houston.

Chaque voiture motrice en remorque une autre.

Le nombre des places assises dans les voitures motrices des tramways bruxellois est de 16, et dans les voitures remorquées ouvertes de 28.

Sur la plate-forme très large de la voiture motrice on laisse monter presque *ad libitum*.

La plate-forme de la voiture remorquée ne contient que 4 personnes, soit 8 au total ; on peut donc compter par train environ 60 personnes.

Aux Vicinaux la voiture motrice contient 24 places assises ; la voiture remorquée, 20 ; les plates-formes permettent de transporter, au total, 45 voyageurs sur la voiture motrice et 60 à 65 sur la voiture remorquée ; total 100 personnes environ.

Enfin Bruxelles possède une usine d'électricité municipale d'éclairage électrique, sise rue Melsens.

The India Rubber, de Londres, a été chargée de construire, au commencement de 1893, les bâtiments, installations mécaniques et électriques et les canalisations ; la Compagnie restait responsable de l'installation pendant deux ans et des canalisations pendant huit ans.

Au rez-de-chaussée des bâtiments sont la salle des machines $\left(\frac{36^{m} \times 15^{m}50}{8^{m}50 \text{ haut.}}\right)$ et celle des chaudières ($31^{m} \times 17^{m}$). Au-dessus de la salle des machines sont les accumulateurs, ateliers, magasins ; au-dessus des chaudières sont les réservoirs d'eau (100 m³), magasin de charbon (200 tonnes), l'épurateur pour 10 m³ à l'heure.

Le pont roulant installé dans la salle des machines porte 15 tonnes.

L'emplacement a été prévu pour 8 chaudières Babcock et Wilcox de *Brouhon*, à Liège ; trois sont construites dont une sert de réserve.

Les éléments de chaque chaudière sont les suivants :

Surface de chauffe 226 m².

Vaporisation à l'heure normale, 2560 kilogrammes.

Vaporisation à l'heure, en marche forcée 3300 kilogrammes.

Timbrage, 9 athm.

Surface de grille (coke) 5 m²,20.

Rendement par kilogramme de houille à 800 calories, 9 kilogrammes 5 d'eau vaporisée.

Rendement par kilogramme de coke, 8 kilogrammes 5 d'eau vaporisée.

Pour l'allumage on emploie la houille ; un *appareil fumivore Ortis* est adjoint à chaque chaudière. Cet appareil est basé sur la projection dans le foyer d'une certaine quantité d'air au moyen de tuyères à jets de vapeur.

Il y a un *économiseur Green* par paire de chaudières.

Deux pompes Worthington de 12 m³ à l'heure font l'alimentation.

Les machines à vapeur compound Sulzer ont une puissance nominale de 500 chevaux et au besoin de 625 chevaux ; il y en a deux, dont une de réserve. Ces machines sont à condensation et ont un rendement de 0,90 avec une consommation moyenne de vapeur de 7 kilogrammes par cheval-heure indiqué.

Digitized by Google

L'installation comprend deux groupes de deux dynamos tétrapolaires shunt, à tambour, de la Société d'Hydraulique et Electricité (Dulait), à Charleroi; chacune peut fournir 143 kilowatts sous 130 volts à 360 tonnes par minute.

Pour la charge des accumulateurs, ces machines donnent 860 A sous 180 V.

Le poids de chaque dynamo est de 17 tonnes; l'induit avec son arbre pèse 3100 kilogrammes.

Le rendement global du groupe formé par le moteur et la dynamo est garanti 0,80 minimum en pleine charge.

Les accumulateurs sont du type *Jullien* et comprennent 140 éléments de 325 kilogrammes de plaques, contacts compris, formant deux batteries de 70 éléments; poids total de la batterie montée : 80 tonnes.

Régime par élément : 350 A, pendant 10 heures, normalement; la batterie peut donner 1400 A, pendant 30 minutes, exceptionnellement.

Rendement en énergie, garanti minimum : 0,70.

Le tableau de distribution est établi pour 6 groupes de machines et porte tous les appareils accessoires ordinaires.

La canalisation est établie à 3 fils avec 9 feeders et possibilité d'en installer 24.

La tension totale est de 220 volts, sauf pour le quartier Léopold et l'avenue Louise qui, étant très éloignés, n'ont que 200 volts. En cas de demandes ultérieures nombreuses, ces derniers feeders seront renforcés.

La perte de charge entre la canalisation de la rue et la lampe la plus éloignée est de 2 volts au maximum.

La canalisation est tirée dans des tuyaux en fonte posés sous les trottoirs, avec regards de 80 mètres en 80 mètres.

Donnons enfin quelques détails relatifs aux installations particulières prises sur le réseau municipal; nous emprunterons les renseignements qui suivent aux conditions imposées par le règlement du Conseil Communal du 29 mai 1893 et aux instructions officielles pour les abonnements et l'exécution des installations électriques à l'intérieur des maisons.

Art. 1er. — Les abonnements sont d'un an au moins.

Art. 2. — Ils ne peuvent être contractés qu'avec l'assentiment du propriétaire de l'immeuble.

Art. 3. — La Ville établit et entretient le branchement et les accessoires jusqu'au compteur.

Art. 4. — Le compteur est obligataire.

Art. 5. — Il est donné en location.

Art. 7. — En cas de contestation de la part de l'abonné et sur sa demande le compteur est vérifié; les frais, soit 4 fr., n'incombent à l'abonné que si la réclamation est mal fondée.

Art. 9. — La location mensuelle des compteurs est faite dans les conditions qui suivent :

Compteur horaire			0 fr. 75.
Compteur jusqu'à	10	ampères	1 fr. 50
—	— 25	—	2 fr. 25
—	— 50	—	3 fr. 25
—	— 100	—	4 fr. 50
—	— 200	—	6 fr. 00
—	— 300	—	7 fr. 50

Art. 10. — La Ville peut refuser la fourniture du courant pour toute installation défectueuse ou pouvant troubler ou rendre onéreux le service général de distribution.

L'abonné est tenu au bon entretien d'un isolement suffisant, c'est-à-dire tel que dans une section quelconque de l'installation, la perte de courant ne dépasse pas 0,0001 (un dix-millième) du courant à fournir dans la section considérée.

Pour une installation supérieure à 60 lampes, il est exigé, en général, que l'abonné prenne le courant sur les trois fils de la canalisation.

Les densités de courant maxima adoptées sont les suivantes :

2 A par mm²	pour	moins de 50 ampères
1,5	»	50 à 200 A
1	»	200 A et au-dessous

Les conducteurs nus ne peuvent être em-

Digitized by Google

ployés que sur autorisation spéciale de la Ville.

Les conducteurs fixes doivent être distants de 0,015 m. au moins. Dans les rainures la distance peut être réduite à 0,01 m. On ne tolèrera jamais le placement de deux fils de pôles opposés dans une même rainure ni dans un tuyau, à moins que celui-ci ne soit absolument incombustible.

Pour les coupe circuit, l'écartement des bornes d'attache des fils fusibles devra être au moins de 4 cm pour un courant de 5 A.

Un coupe circuit bipolaire sera placé à l'origine de tout circuit dérivé parcouru par un courant de plus de 3 A.

Dans les lustres, chaque groupe de 5 A au plus sera muni d'un coupe circuit bipolaire.

La surface réelle de contact des interrupteurs ne devra pas être moindre de 3 mm² par A.

La fourniture de l'énergie électrique (chap. IV, art. 13) se fait dans les conditions suivantes :

Le prix du kilowatt-heure est de 1 fr. avec réduction de 5 o/o lorsque chacune des lampes aura brûlé en moyenne 1000 heures par an.

Au-delà de mille heures, le taux de réduction sera augmenté de 0,01 par heure supplémentaire ; soit ainsi :

Pour 1100 heures, 6 o/o de réduction
» 2000 » 15 o/o »

Le maximum de réduction est fixé à 25 o/o.

Lorsque le montant de 12 factures consécutives mensuelles, déduction faite de la réduction ci-dessus, dépassera 5000 francs, il sera déduit 20 o/o sur l'excédent.

Le prix de l'énergie électrique pour puissance motrice est fixé à 0 fr. 60 le kilowatt-heure.

Le minimum de consommation annuelle est fixé à 5 francs par lampe à incandescence de *toute espèce* et à 25 francs par lampe à arc (art. 14).

Art. 17. — La Ville n'est tenue à aucune indemnité envers l'abonné lorsque par suite d'une *circonstance quelconque*, elle serait amenée à interrompre la fourniture du courant.

Art. 18. — La Ville a la faculté de ne pas mettre les conducteurs en charge entre 9 heures du matin et 3 heures du soir, en cas de nécessité de réparation ou de vérification du matériel.

Nous avons cru intéressant de donner ces détails sur les conditions de fourniture d'énergie électrique dans une grande ville comme Bruxelles pour permettre la comparaison avec les conditions de nos Compagnies.

A lire les charges et exigences extraordinaires qui précèdent nous pouvons peut-être nous consoler, si nous n'avons pas les tramways électriques des Bruxellois, d'avoir au moins la distribution de l'énergie électrique d'une façon plus moderne que chez eux.

Ajoutons qu'une campagne vigoureuse est menée à Bruxelles contre l'« état de choses », bien capable d'effrayer les consommateurs et que le prix du kilowatt-heure va être abaissé à 0,80 francs en attendant que l'administration se voie forcée à le réduire encore ; en effet les prix cités sont réellement exhorbitants pour la Belgique, étant donné le bas prix du charbon.

E.-J. BRUNSWICK.

EXTRAITS
DE LA PRESSE INDUSTRIELLE
COMMUNICATIONS

Calcul des lignes aériennes de tramways électriques, par W. Dierman.

Dans un mémoire communiqué à l'Association des ingénieurs électriciens sortis de l'Institut électrotechnique Montefiore (1), l'auteur donne une étude du montage des lignes de tramways à trolley et de leur calcul. Nous reproduirons les considérations ayant trait à cette dernière partie.

La distribution de l'énergie électrique entre les différentes sections d'une ligne de tramway

(1) *Bulletin* du 22 septembre 1894.

Digitized by Google

dépend évidemment de l'organisation de l'exploitation, et il faut connaître le *nombre des voitures* en service, leur *capacité*, leur *vitesse*, et l'importance des *rampes* à gravir.

Les premiers éléments d'étude à recueillir sont un *tracé* et un *profil en long* de la ligne à desservir : ces éléments sont connus par la topographie de la ligne, et on donne aussi l'importance du trafic normal et celle du trafic maximum probable.

Quoique la fixation de la capacité la plus avantageuse des voitures, ne soit pas directement du ressort de l'ingénieur électricien, celui-ci doit cependant se préoccuper de la transformation que l'introduction d'un nouveau système de traction doit apporter dans l'intensité et la nature du trafic.

Très souvent, les anciennes lignes à chevaux ne possèdent que des voitures de dimensions restreintes, dont la contenance descend jusqu'à 12 places assises et 12 debout pour les voitures fermées et 26 places pour les voitures ouvertes. Ces voitures ont un écartement d'essieux de 1,50 m. ; leur longueur totale est un peu supérieure à 5 mètres. La traction se fait à l'aide d'un cheval. Les grandes lignes sont munies de voitures à 36 places remorquées par deux chevaux.

Lorsque l'on fait usage de ces types de voitures, la fréquence est de 3 à 8 minutes. La double voie est indispensable lorsque la fréquence dépasse 10 départs à l'heure. Enfin, sur les grandes lignes, pour une fréquence inférieure à 8 à 10 minutes, on emploie des voitures de 40 à 60 places, le plus souvent avec impériale, remorquées par deux ou trois chevaux de front.

Sur les lignes à faibles rampes, la traction chevaline à un cheval sur simple voie ne permet guère de dépasser la vitesse moyenne de 8 kilomètres à l'heure, en service régulier. Sur les lignes à double voie, la traction à un cheval permet d'atteindre 8,5 km. à l'heure et, avec deux ou trois chevaux, lorsque la voie n'est pas trop encombrée, 9 à 10 km. à l'heure; ce sont là des vitesses moyennes, arrêts compris. La vitesse maximum à un instant donné ne dépasse pas 12 ou 13 km. à l'heure, sauf à la descente des pentes.

Les voitures de 26 places pèsent 1300 à 1500 kg ; celles de 36 places, 1800 à 2000 kg ; celles à impériale de 40 à 60 places, 3000 à 4000 kg.

Lors de la transformation de la traction animale en traction électrique, il faut envisager non seulement la capacité des anciennes voitures, mais aussi l'accroissement régulier du trafic auquel elles ont satisfait et l'accroissement éventuel auquel le nouveau service devra faire face.

S'il s'agit d'une ligne dont le trafic est limité fréquemment par l'exiguité des véhicules, il est rationnel d'adopter pour les voitures électriques une capacité aussi grande que le permettent le train de roulement à deux essieux et l'empattement que les courbes prescrivent de donner à celui-ci. La construction des voitures électriques à deux essieux comporte d'ailleurs, lorsqu'on ne sort pas de certaines dimensions, un certain nombre d'éléments constants qui en constituent la partie pesante ; la capacité de la voiture à deux essieux qui réalise le minimum de poids mort par place offerte, est celle qui correspond à une voiture de 4,90 mètres de longueur avec des plateformes de 1,20 mètre chacune ; cette voiture pèse 5 tonnes, elle est munie de deux moteurs de 15 chevaux et contient 36 voyageurs ; le poids mort par voyageur est donc :

$$\frac{5000}{36} = 139 \text{ kg.}$$

Le poids mort d'une voiture de 26 places munie de deux moteurs de 10 chevaux serait de 4225 kg, soit par voyageur :

$$\frac{4225}{26} = 163 \text{ kg.}$$

Ces nombres se rapportent aux places offertes ; il est évident que les places réellement occupées en moyenne sont moins nombreuses ; on n'observe, en général pas de réduction notable du coefficient d'occupation moyenne lorsqu'on transforme la traction

Digitized by Google

chevaline sur un réseau en traction électrique, en agrandissant la capacité des voitures, parce que les jours de foule, l'excès de capacité est toujours utilisé. Si l'on admet un coefficient de 0,25, les poids morts deviennent :

Voitures à 36 places, 556 kg par voyageur
— 26 — 652 » —

Il faut cependant se garder d'aller trop loin dans le choix d'une grande capacité, et se rapporter au nombre moyen de voyageurs-kilomètres avant de recourir à la longue voiture à deux boggies, de plus de 36 places. Il est probable que les trains articulés à deux essieux, genre De Rechter, seront applicables aux voitures de 36 à 40 places qui, avec l'écartement habituel de 1,80 m. entre essieux, donnent lieu à un balancement très accentué entraînant souvent le déraillement de la voiture remorquée lorsque la voie est mauvaise.

La voiture à deux boggies est plus coûteuse par place offerte que la voiture à deux essieux, mais son emploi permet d'effectuer une économie de personnel, une même équipe étant affectée à une capacité de transport plus grande. Le poids par place offerte est aussi plus élevé. Après avoir été très en faveur aux Etats-Unis, les très grandes voitures n'ont plus été employées que dans le cas d'un trafic intense régulier, dans les grandes villes où le personnel est coûteux. Le public préfère les grandes voitures à boggies qui sont plus confortables et d'un roulement plus doux, étant dépourvues du mouvement de galop caractéristique des voitures électriques à deux essieux rapprochés.

Dans la grande généralité des cas, il semble que les voitures à deux essieux répondent aux besoins d'un service intense et l'emploi de voitures remorquées, les jours de foule, permet de doubler la capacité de chaque départ, en réalisant ainsi un service élastique beaucoup plus économique qu'on ne pourrait le faire avec de grandes voitures à boggies. En effet, les jours ordinaires, les voitures à boggies offrant un nombre de places disproportionné avec le trafic, l'intérêt de l'exploitant lui commanderait de diminuer le nombre de voitures en circulation et par suite la fréquence des départs ; or, c'est précisément la grande fréquence des départs qui joue le rôle le plus important dans les recettes, de sorte que le résultat de l'emploi des grandes voitures à boggies peut devenir désastreux.

Crosby démontre dans son ouvrage *Electric Railways* que chaque arrêt et démarrage coûte deux fois plus cher pour une voiture à boggies que pour une voiture à deux essieux.

On invoque en faveur des voitures de tramways à boggies leur facile inscription en courbe, et portant l'économie de courant qu'elles réalisent.

Au total, la dépense électrique par place semble être peut différente dans les deux cas, ainsi qu'il résulterait des nombres suivants résultats de mesures effectuées par M. Dickinson sur deux voitures d'une ligne de tramways du South Staffordshire :

Voiture à boggies : contenance 50 places ; vitesse moyenne 11,7 kilomètres à l'heure ; puissance moyenne 13 chevaux.

Voiture à deux essieux : Contenance 40 places ; vitesse moyenne 11,65 kilomètres à l'heure ; puissance moyenne 10 chevaux,

Calcul des lignes aériennes.

Un réseau de tramways plus ou moins compliqué peut toujours être ramené à un certain nombre de trajets ou parcours simples, indépendants les uns des autres.

Considérons une ligne ainsi déterminée.

La ligne aérienne devant fournir l'énergie électrique aux voitures, et leur consommation d'énergie étant directement dépendante du profil de la ligne, on commence par dresser ce profil.

La distribution de l'énergie dépend de la position en plan des voitures et de l'usine centrale ; on dresse donc aussi un plan de la ligne.

Pour dresser le plan et passer au calcul des travaux, deux éléments doivent encore intervenir : la vitesse et la fréquence du service. Ce sont en effet ces éléments qui déter-

Digitized by Google

minent la position des voitures et par suite celle des croisements.

Nous allons examiner séparément ces questions.

a) Croisements et évitements.

On donne la plus grande vitesse moyenne et la fréquence.

Si L est la longueur totale de la ligne, v la vitesse moyenne du cahier des charges,

t la fréquence du service,

l_v la distance entre deux voitures qui se suivent,

l_c la distance entre deux croisements,

n le nombre de voitures en marche (il peut y avoir en plus une voiture en repos à chaque terminus),

$n - 1$ le nombre des croisements ;

On a

$$l_c = \frac{1}{2} v \frac{t}{60}$$

$$l_v = v \frac{t}{60},$$

et comme le nombre des voitures doit être supérieur au quotient de la distance aller et retour par la distance qui les sépare :

$$n > \frac{60 \text{ L}}{\frac{1}{2} v t}.$$

Cette inégalité peut être transformée en égalité en faisant varier v dans les limites permises par les règlements, ce qui donnera de nouvelles valeurs à l_c et l_v.

Si l'on impose un temps d'arrêt t_a à chaque terminus et à chaque voiture, pour les manœuvres de service ; si a représente la distance du dernier croisement au terminus et v_m la nouvelle vitesse correspondante,

$$\text{L} = 2a + (n-2)\, l_c \quad \text{d'où } a = \frac{\text{L} - (n-2)\, l_c}{2}$$

$$t_a = \frac{60\,(2\, l_c - 2a)}{v_m}$$

d'où

$$v_m = \frac{60\,(l_v - 2a)}{t_a}.$$

Remplaçant l_v et a par leur valeur :

$$l_v = v \frac{t}{60}$$

$$2a = \text{L} - (n-2) \frac{v_m t}{2 \times 60}.$$

Il vient :

$$t_a v_m 60 \left(\frac{v_m t}{60} - \text{L} + (n-2) \frac{v_m t}{2 \times 60} \right)$$

d où :

$$60 \text{ L} = v_m \left[t + \frac{1}{2} (n-2)\, t - t_a \right]$$

et finalement :

$$v_m = t \frac{60 \text{ L}}{\left[1 + \frac{1}{2} (n-2) \right] - t_a}.$$

Si l'on pose L = 12,370 kilomètres

$t = 3,5$ minutes

$v =$ inférieure à 14 km à l'heure,

il vient :

$$n > \frac{742}{24.5} < 4$$

$n = 32$ voitures.

Si $t_a = 2$ minutes,

$$v_m = \frac{742}{3{,}5 \times 16 - 2} = 13{,}8 \text{ km. à l'heure,}$$

d'où on tire les valeurs définitves de l_c, l_v, a.

Remarquons en passant que si la ligne comportait des sections où la vitesse de 14 km. serait trop grande, on traiterait chacune des sections intermédiaires de même en faisant $t_a =$ zéro.

On a ainsi la vitesse moyenne devant servir à la détermination du travail de traction.

b) Vitesse maximum.

Toutefois les moteurs doivent être établis pour une vitesse maximum supérieure à la vitesse moyenne, dans une proportion qu'il est aisé de déterminer, quand on connaît le temps et le parcours à affecter aux démarrages, aux peinages et aux arrêts. Soient :

N le nombre d'arrêts par kilomètre parcouru,

Nv_m le nombre d'arrêts par heure,

t_r le temps du ralentissement précédent l'arrêt,

t_d le temps du démarrage suivant l'arrêt,

t_a le temps d'arrêt,

d_r le chemin parcouru pendant le ralentissement,

d_d le chemin parcouru pendant le démarrage,

$Nv_m\, t_a$ le temps d'arrêt par heure,

Digitized by Google

les temps exprimés en minute ;
les distances en kilomètres.

Le temps de marche à pleine vitesse, par heure, sera

$$60 - N v_m (t_r + t_d + t_a) ; \quad (1)$$

Le chemin à parcourir en pleine vitesse dans ce temps, sera

$$v_m - N v (d^r + d^d) : \quad (2)$$

c'est-à-dire que la vitesse maximum correspondant au parcours (2) à effectuer dans le temps (1) devient

$$V_{max} = \frac{v_m - N (d_r + d_d) v_m}{60 - N v_m (t_r + t_d + t_a)}$$

Si l'on pose

$t_r = 5''$ $\quad d_r = 10$ m.
$t_d = 10''$ $\quad d_d = 30$ m.
$t_a = 15''$ $\quad v_m = 13,8$
$N = 4$

il vient $V_{max} = 21,5$ km. à l'heure (1).

C'est pour cette valeur maximum de V que les moteurs électriques devront exercer la puissance motrice maximum sous l'effort maximum.

Il nous reste donc à déterminer les efforts de traction.

c) Travail de traction

On admet généralement que le coefficient de traction sur un tramway est de 15 kilogrammes par tonne. Ce chiffre qui descend à 12 kilogrammes sur une voie bien posée, s'élève parfois jusqu'à 18 et 20 kilogrammes sur de mauvaises voies. Il est à remarquer que la qualité des voies est excessivement variable. D'un autre côté, des voies convenant parfaitement à la traction animale ne conviennent plus à la traction électrique à cause de l'augmentation de la charge par essieu. Toutes les voies qui ne sont pas posées sur traverses ou sur cloches assises sur béton sont détruites par les voitures électriques automotrices après une campagne d'hiver, à moins qu'il s'agisse d'un rail ayant un fort module de flexion et une assiette convenable.

(1) L'auteur indique 19,8 km. à l'heure. En vérifiant ses calculs nous trouvons la valeur 21,5.

Dans la rédaction d'un projet, il convient donc de prévoir une voie convenablement établie, ou la réfection d'une voie insuffisante, afin de ne pas devoir exagérer les coefficients de traction et adopter un équipement trop puissant et partant trop onéreux.

Toutes les voies pour traction animale, sur bille ou traverses métalliques doivent être grevées d'une réflection de 8,000 à 10,000 francs par kilomètre pour devenir propres à la traction électrique par voitures automotrices pesant 3 1/2 à 4 tonnes par essieu. Dans ces conditions et pour une voie propre, on peut admettre un coefficient de roulement de 12 kilogrammes par tonne.

Le mauvais nettoyage de la voie, particulièrement s'il s'agit d'une voie à ornière, peut doubler ce coefficient, mais il faut admettre que cette situation est momentanée et partielle, et que l'ensemble du matériel est suffisamment robuste pour maintenir le service ; pour les lignes hors ville, sur routes, le rail à ornière n'est plus nécessaire et doit être remplacé par le rail vignole qui permet de descendre l'effort de traction à 8 kilogrammes par tonne. Les circonstances qui accroissent momentanément l'effort de traction ne portant que sur une partie du matériel roulant, le matériel fixe ne doit pas présenter le grand excès de puissance que l'on rencontre dans l'agencement mécanique des voitures électriques, dont les moteurs sont toujours trop forts pour le travail moyen qu'ils sont appelés à développer.

Le coefficient de traction par tonne étant établi pour chaque type de voie, on passe à l'établissement du travail de traction.

La voiture automotrice a un poids différent selon qu'un ou deux essieux sont munis de moteurs. Son poids en charge est d'environ 7 tonnes y compris un moteur de 20 chevaux, et 7 3/4 tonnes y compris deux moteurs de 15 chevaux. La pratique a indiqué que le moteur unique ne convenait que lorsque les rampes ne dépassaient pas 4 o/o sur une bonne voie, à moins que ce moteur soit accouplé aux deux

Digitized by Google

essieux par l'une des dispositions de Rae; Sperry, chaîne de transmission ou bielle (Eickemeyer).

Donnons-nous un profil de ligne tel que celui de la figure 1.

Cette ligne a 12,37 km. de long et doit être desservie à la vitesse moyenne de 13,8 km. à l'heure sans que la vitesse dépasse 20 km. à l'heure ; il y aura en règle générale des arrêts tous les 250 mètres (4 par kilomètre); les voitures se suivront toutes les 3,5 minutes.

Le nombre des voitures en marche déduit des calculs donnés plus haut est de 32; le service de l'exploitation indiquera combien il

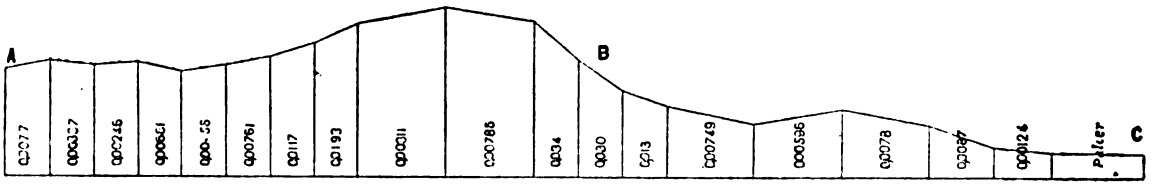


Fig. 1

faut faire stationner de voitures aux terminus.

Nous avons supposé une ligne à courbes très tracées, n'exigeant pas de ralentissement spécial; il serait aise d'en tenir compte, mais comme la vitesse de 20 km. à l'heure admise est un peu supérieure à la vitesse maximum nécessaire, on peut considérer que

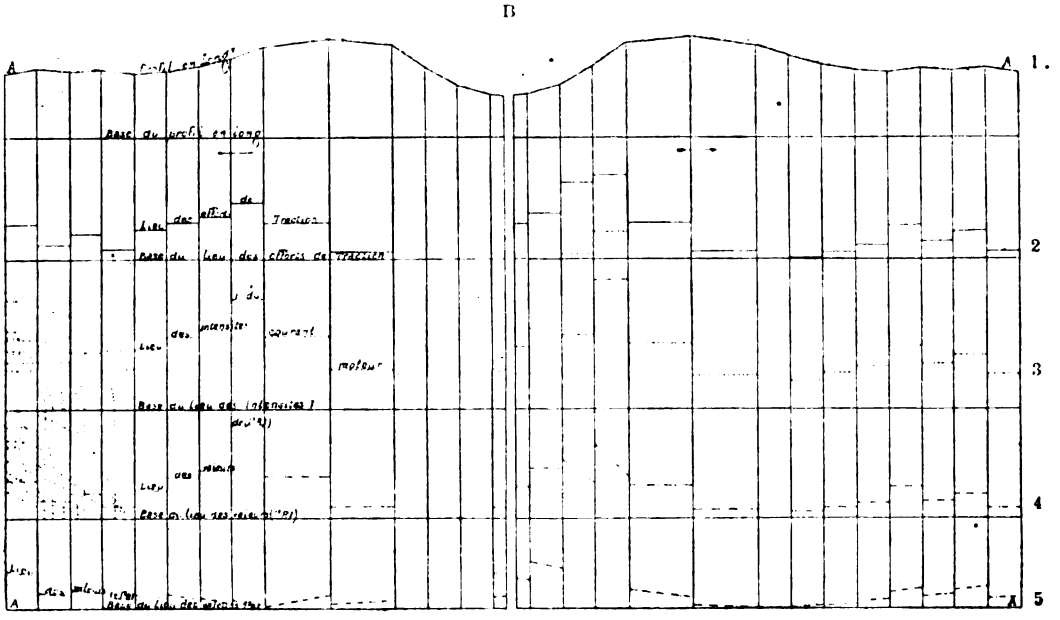


Fig. 2.

la vitesse moyenne ne sera pas affectée par ces ralentissements peu importants.

Etudions la marche d'une de ces 32 voitures. Pour cela, suivons le profil dans les deux sens. Dans la figure 2 on voit la moitié du profil prise de A en B et de B en A (1).

Connaissant le coefficient de traction, les pentes et rampes, nous pouvons tracer en 2 un diagramme des efforts de traction correspondantau profil en 1. Lorsque ces efforts passent en-dessous de zéro, nous n'indiquons pas leur valeur, le moteur ne travaillant pas à ce moment et la voiture marchant à freins serrés sans dépense de travail électrique.

Nous avons ainsi, aller et retour, le dia-

(1) Une autre figure que nous ne reproduisons pas, donne la portion B C et C B constituant l'autre moitié du profil.

Digitized by Google

gramme des efforts de traction. Une simple transformation d'échelles donne les puissances en kilogrammètres par seconde à la vitesse moyenne, ou bien encore, des chevaux.

Nous possédons le diagramme du rendement du système électro-moteur de la voiture figure 3. Il nous est donc facile de passer à un diagramme des intensités de courant en 3 sur la figure 2. Un changement d'échelle nous permet de déduire de la surface du lieu des intensités, le travail électrique nécessaire à un voyage complet, aller et retour. Ce teavail est de 13,150 watts-heures pour 2,464 kilomètres, mais il ne comprend point les démarrages.

Calculons la valeur de ceux-ci ; le travail de démarrage est la quantité de mouvement qu'il faut fournir à une voiture de 7 tonnes pour

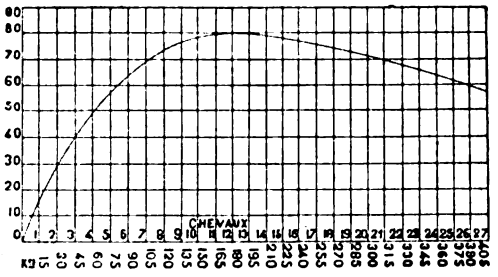


Fig. 3

acquérir la vitesse de 5,60 mètres par seconde en 12 secondes.

La formule

$$w = \frac{P}{g} V^2$$

donne, en comptant sur un rendement de 50 0/0 au moteur, au moment du démarrage, 50 watts-heures par démarrage. Le nombre de démarrages par voyage aller et retour étant de $24{,}64 \times 4 = 98{,}56$, et chacun étant de 50 watts-heures, le travail total des démarrages sera $98{,}56 \times 50 = 4928$ watts-heures. Le travail total de la traction et des démarrages, sera $13150 + 4928 = 18078$ watts-heures. On peut supposer sans grande erreur que ce travail est conformément réparti sur la surface du diagramme. Une simple proportion $\frac{18078}{13150}$ corrige les échelles dans le sens voulu.

Ces tracés graphiques vont nous donner un moyen d'évaluer, pour les conducteurs, la perte due au mouvement de la voiture, laquelle est fonction de la résistance de la ligne et de l'intensité de courant. Ces pertes de charge sont de la forme I^2R. Elles ne peuvent donc être établies sur les basses des valeurs moyennes de I ; elles pourraient l'être d'après la racine carrée de la moyenne de I^2.

Traçons le lien de I^2 d'après celui de I. Nous l'obtenons par le tracé du diagramme polaire de la même manière que les épures des moments fléchissants dans les épures des ponts métalliques. Ce lien nous montre que les I^2 prennent des valeurs considérables vers les parties accidentées du profil. Donnons-nous, pour établir notre raisonnement, un projet de système conducteur, comme celui représenté par la figure 4.

Le fil de trolley à 50 millimètres carrés de section par fil ; étant double, la section de la ligne et de 100 mm². La section de la ligne et du distributeur doivent représenter ensemble une valeur convenable pour limiter la perte ; on simplifie la recherche de cette valeur en prenant d'abord des conducteurs de sections ampériques dont on vérifie ensuite la perte de charge. Lorsque le distributeur ne joue pas en même temps le rôle de feeder, on peut admettre que, pour autant que sa longueur ne dépasse pas 3 kilomètres, la section totale, trolley et distributeur, est de 8 millimètres carrés par voiture et par kilomètre sur des lignes de niveau ; les parties en rampe doivent être renforcées en fonction de l'augmentation des pertes de charge ; la section minimum est de 50 mm².

Dans le cas qui nous occupe, il y a 5 kilomètres à faibles rampes depuis chaque centre d'alimentation jusqu'au terminus, avec 8 voitures, soit $8 \times 3 \times 8 = 192$ millimètres carrés, adoptons 200 mm².

Pour établir le renforcement des distributeurs dans les parties à rampes AB, planimétrons le diagrammes des I^2 dans la partie du lien qui s'y rapporte, et comparons cette sur-

Digitized by Google

face avec celle qui s'y rapporte aux parties du niveau ; nous trouvons respectivement.

$$147{,}9 \text{ cm}^2 \text{ et } 212{,}1 \text{ cm}^2.$$

Pour la première surface des I^2, la section de cuivre est 200 mm.^{2}; pour la seconde, elle sera

$$200 \times \frac{212{,}1}{147{,}9} = 290 \text{ mm}^2$$

en forçant 300 mm.^{2}, sur lesquels le fil de trolley représente 100 mm^2.

Le distributeur se composera donc d'un câble central de 200 mm^2. entre les centres de distribution α, β; et de deux bouts de 100 mm^2. à partir de chacun des centres.

Les pertes de charge dans le distributeur sont fonction non-seulement de I^2, mais aussi de R qui varie avec la position de la voiture. R passe par un maximum aux extrémités J, D et au point milieu E, où le distributeur est supposé coupé pour simplifier les calculs; R passe par zéro au droit de chaque centre de distribution.

Pour une même valeur de I^2, les équations des courbes de I^2 R sont des droites qui, si on veut les tracer, en cinq planches, partent de l'horizontale comme point commun et où une inclinaison proportionnelle à I^2, constituant le lien des I^2 R. Si on admet que la base du lien représente des temps au lieu de longueurs, ce qui est toujours possible en admettant, sans grosse erreur, que la vitesse moyenne soit uniforme, la surface du lien des I^2R donnera

$$\int_{T_1}^{T_2} I^2 R \, dT$$

qui est précisément la perte que nous cherchons à déterminer.

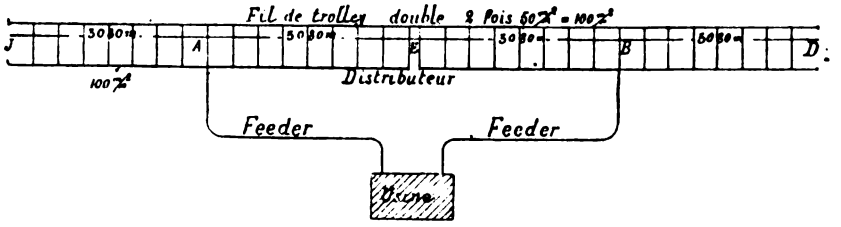


Fig. 4.

La question des échelles variables pour chaque section est seule un peu délicate pour ce dernier lieu. Voici l'élaboration de toutes les échelles :

Lieu 2. — 1 cm. d'ordonnée = 50 kg.
1 cm. d'abscisse = 160 m.
1 cm^2. = 8,000 kgm.

Lieu 3. — 1 cm. d'ordonnée = 3,33 ampères sans démarrage, d'après une conclusion des échelles suivantes, on a aussi :

1 cm. d'ordonnée = 4,62 ampères avec les démarrages.

1 cm. d'abscisse = 160 m. ou $\frac{160 \times 60}{13{,}2}$ = 0,0121 heure.

1 cm^2 = 20,16 watts-heures sans les démarrages, ou = 27,9 watts-heures avec les démarrages.

Lieu 4. — La distance polaire étant de 10 centimètres, 1 centimètre d'ordonnée représentait 4,62 ampères, qui, élevés au carré, et devenant 21,4 ampères carrés ne sont plus représentés que par 1 mm.; donc 1 cm. en ordonnée dans ce lien représente 21,4 × 10 = 214 ampères carrés avec les démarrages (fig. 5.)

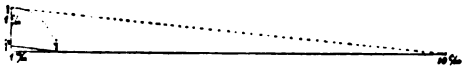


Fig. 5.

Lieu 5. — On peut diviser les distributeurs et la ligne en sections supposées isolées et ayant chacune 3,080 mètres de longueur

A) Pour les parties où la section est de 200 mm^2

$$S = 200 \text{ mm}^2, \quad L = 3080 \text{ m}$$

$$R = 1{,}7 \times 308000 \times \frac{1}{2} \times 10^{-6} = 0{,}2625 \text{ ohms}$$

1 cm d'abscisse représente 400 mètres ou

Digitized by Google

0,0121 heures ; 1 cm d'ordonnée représente 214 ampères carrés × 0,26 25 ohm ; donc 1 cm² représente (démarrages compris)

$$0{,}2625 \times 0{,}0121 \times 214 = 0{,}68 \text{ watt-heure.}$$

B) Pour les parties où la section est de 300 mm², un raisonnement semblable donne

$$R = 1{,}7 \times 308000 \times \frac{1}{2} \times 10^{-6} = 0{,}175 \text{ ohm}$$

$$1 \text{ cm}^2 = 0{,}175 \times 0{,}0121 \times 214 = 0{,}453 \text{ watt-heure.}$$

Nous pouvons maintenant déterminer les travaux des pertes de charge pour la partie du circuit étudiée jusqu'à présent.

Fil trolley et distributeur.

A) 1 cm² = 0,68 watt-heure.

Le planimètre donne

$$S = 21 + 16{,}8 + 17{,}2 + 18{,}5 = 73{,}5 \text{ cm}^2$$
$$\times\ 0{,}68 = 50 \text{ watt-heure.}$$

B) 1 cm² = 0,452 watt-heure

Le planimètre donne

$$S = 5{,}8 + 72{,}7 + 16{,}3 + 20{,}5 = 115 \text{ cm}^2$$
$$\times\ 0{,}453 = 52 \text{ watt-heure.}$$
$$102 \text{ watt-heure.}$$

Cette perte correspond au voyage aller-retour d'une voiture dont la consommation de courant est de 18 250 watts-heure ; c'est donc une perte de 0,56 o/o. Il est évident que la ligne pouvant être divisée en 4 sections, et, chacune de celles-ci pouvant être parcourue séparément par une voiture, la perte de 0,56 o/o restera la même lorsque quatre voitures seront en circulation ; mais pour 32 voitures elle sera $\frac{32}{4} = 8$ fois plus forte ; elle sera $0{,}56 \times 8 = 4{,}48$ o/o, le rendement sera

$$\frac{100}{104{,}48} = 95{,}7 \text{ o/o}$$

Des distributeurs et des fils de trolley nous pouvons passer au circuit de retour. Etant donné sa grande longueur il paraît indispensable de prévoir des feeders souterrains, dont le but sera également d'éviter de trop grandes dérivations par le sol, dues à des différences de potentiel trop considérables entre les extrémités de la ligne.

Le circuit de retour se compose de 12,320 kg. de double voie en rails de 10 m., soit 1232 longueurs et 1231 points.

Les rails pèsent 30 kg. par mètre de rail, donc 120 kg. par mètre de double voie; leur section globale est donc.

$$\frac{120000}{7{,}8 \times 100} = 154 \text{ cm}^2$$

Si nous supposons la voie alimentée par sections, comme la ligne aérienne figure 6, chaque section comprend 308 sections et 307 joints; chaque joint se compose de 4 fois 2 barres de cuivres de 50 mm² et 50 mm. de

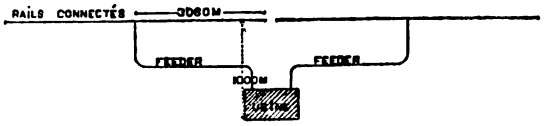


Fig. 6.

long rivées aux rails. Leur longueur accumulée est donc $307 \times 0{,}5 = 153{,}5$ mètres pour 400 mm².

La résistance des 3080 mètres de voie est donc.

$$\text{rail}\quad R_f = 10 \times \frac{308000 \times 10^6}{154} = 0{,}0195$$

$$\text{joints}\quad R_c = \frac{1{,}7 \times 153{,}5 \times 10^6}{4} = 0{,}0006$$
$$= 0{,}0201$$

Les diagrammes $\Sigma I^2 R\, dt$ restent les mêmes comme allures, mais leurs échelles deviennent

$$1 \text{ cm}^2 = 214 \times 0{,}02 \times 0{,}0121 = 0{,}052 ;$$

la surface d'un voyage aller-retour est 188,8 cm² donc

$$0{,}052 \times 188{,}8 = 9{,}78 \text{ watt-heure}$$

représentent la perte dans le rail lorsque la voiture dépense 18,250 watts-heures ; la proportion est 0,05 36 o/o. De même que pour les distributeurs et fils de trolley la valeur relative à cette perte est proportionnelle au nombre de voitures divisé par le nombre de sections, soit $\frac{32}{4} = 8$; cette perte devient dans ce cas.

$$8 \times 0{,}0535 = 0{,}428 \text{ o/o ou } 0{,}43 \text{ o/o en forçant.}$$

La perte dans les distributeurs et fils de trolley est.....	4,48 o/o
Celle dans les rails.....	0,43 o/o
Total.....	4,91 o/o

Digitized by Google

Or, le rendement de la canalisation imposé est 85 o/o ; dont la fraction de l'énergie qui est dépensée dans la ligne et le retour, évaluée par rapport à celle qui est fournie aux véhicules, est 17,8 o/o ; la fraction à perdre dans les feeders s'élève 17,8 — 4, 91 = 12, 89 o/o. Cette perte équivaut à une chute de potentiel de $500 \times 12{,}89 = 64{,}5$ volts, alors que la perte de 17,8 o/o équivaut à 89 watts.

Nous admettrons que les feeders de retour et ceux de la ligne aérienne suivent le même chemin et que leur longueur simple à chacune soit 3080 + 1000 ou 4080 mètres.

Déterminons la valeur de $\sqrt[3]{I^2 \text{ moyen}}$ pour chacun des feeders. Le planimétrage des diagrammes de I^2 donne des ordonnées moyennes de 28,1 et 18,6 millimètres à raison de 214 ampères carrés par centimètre ; les valeurs des moyennes de I pour chacun sont donc

603 et 400 ampères carrés

auxquelles correspondent

$$24{,}6 \text{ et } 20 \sqrt[3]{I^2 \text{ moyen}}$$

pour une voiture.

Chacun distribuent le courant à 16 voitures, les valeurs de $\sqrt{I^2 \text{ moyen}}$ deviennent

394 et 320 ampères.

Les calculs des feeders donne

$$\text{Feeders} \begin{cases} S' \dfrac{1{,}7 \times 4080 \times 394}{64{,}52 \times 100} = 425 \text{ mm}^2 \\ S'' \dfrac{1{,}7 \times 4080 \times 320}{64{,}52 \times 100} = 345 \text{ mm}^2 \end{cases}$$

Nous croyons que cette méthode graphique de calcul des réseaux de tramways n'a pas encore été appliquée. On se base généralement sur une perte maximum, employant ainsi beaucoup trop de cuivre, ou sur une perte moyenne due au courant moyen, qui est absolument fausse. Ainsi, en planimétrant la surface 2, figure 2, on trouve que l'ordonnée moyenne égale 4,2 centimètres, ce qui correspond à

$$4{,}2 \times 4\ 62 = 19{,}4 \text{ ampères}$$

soit, pour 32 voitures, 620 ampères, alors que la racine carrée de la moyenne des carrés donne 714 ampères.

La charge moyenne de l'usine sera obtenue en prévoyant 620 ampères au régime de 589 volts, soit 366 kilowatts. C'est en fonction de cette charge moyenne qu'il faudra étudier le type de machines à vapeur employer.

Les Moteurs à gaz pauvres

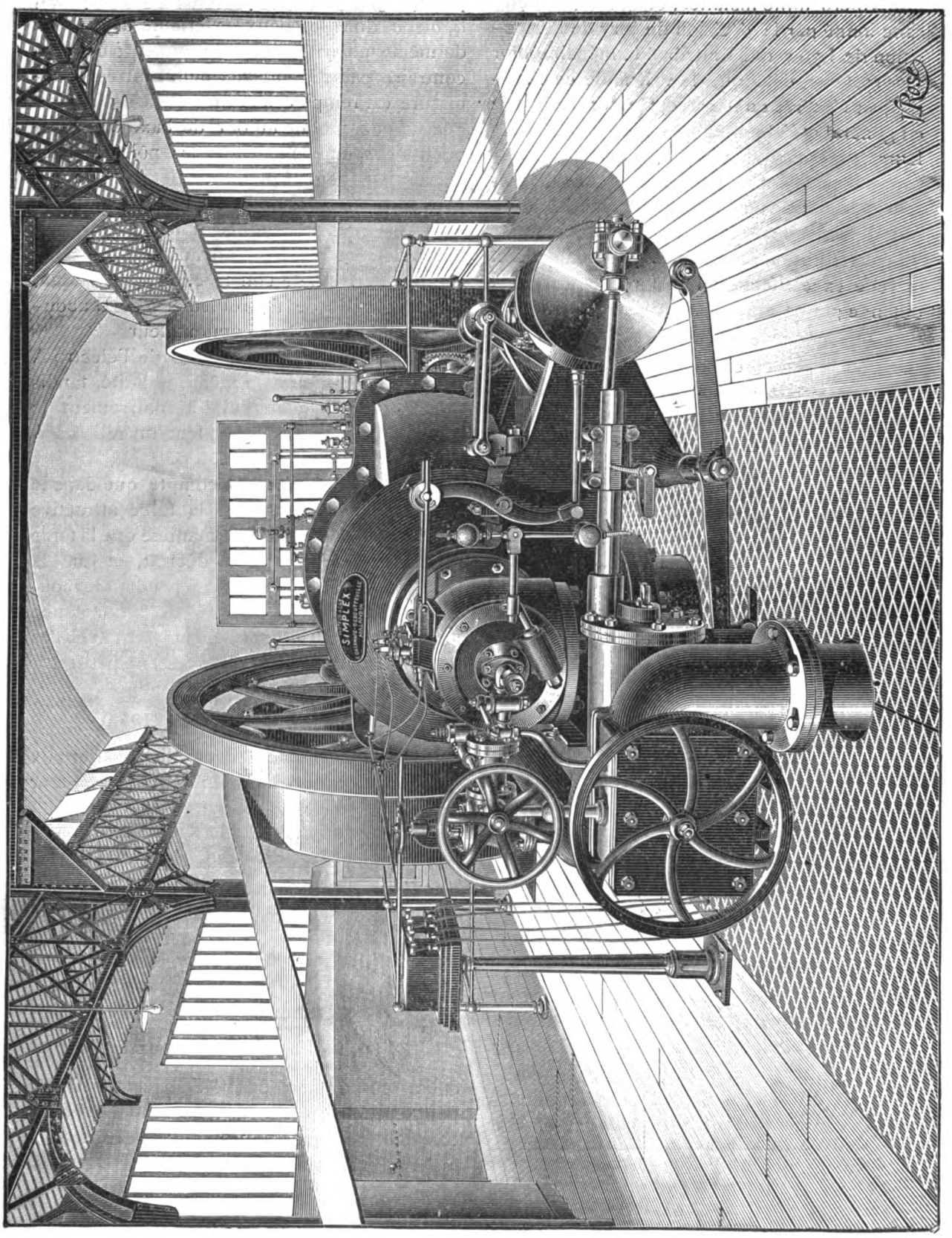
Nous avons décrit en détail, dans le numéro du 27 octobre dernier de l'*Éclairage Électrique*, le type de moteur à gaz pauvres de 300 chevaux, système Delamarre-Debouteville et Malandin, qui vient de donner les preuves de sa supériorité et de son économie. Nous devons revenir aujourd'hui sur ce sujet pour donner quelques renseignements complémentaires et rectifier une légère inexactitude commise dans la légende de la gravure, laquelle représentait, non l'unité de 300 chevaux en question, mais bien le modèle de 50 chevaux, précédemment établi par les mêmes inventeurs et constructeurs et 1888.

Le moteur de 320 chevaux est installé et fonctionne aux grands moulins de Pantin, dont le propriétaire est M. Abel Leblanc. Une petite construction spéciale a été élevée pour recevoir cette énorme machine, et les appareils producteurs de gaz sont édifiés un peu en arrière des bâtiments de la minoterie. Le fonctionnement est ininterrompu d'un bout de l'année à l'autre, à part les intervalles nécessités pour le nettoyage du cylindre et des pièces de la distribution. Les gazogènes peuvent être mis hors circuit, et décrassés ainsi que nous l'avons expliqué, sans arrêter la marche, un seul suffisant à produire la masse de gaz nécessaire à la consommation.

Nous publions aujourd'hui (p.), la gravure représentant le type de Simplex de 320 chevaux indiqués, vu par l'arrière, et décrit en détail dans notre précédent article.

De nombreuses applications du moteur Delamare-Debouteville ont été faites depuis dix ans, et il est démontré que ce système fonctionne également bien, soit au gaz d'éclairage ordinaire, aux gaz pauvres ne donnant que 1200 à 1500 calories par mètre cube ou aux divers hydrocarbures. Le succès remporté par

Digitized by Google



Moteur à gaz pauvres

Digitized by Google

la dernière unité installée, et qui vient d'être sanctionné par la décision du jury de l'Exposition de Lyon, qui a attribué la médaille d'or à ce système, démontre la valeur de ce dispositif, et l'intérêt qu'il présente pour l'industrie en général et l'électricité en particulier. D'ailleurs, plusieurs stations d'éclairages électrique sont déjà pourvus de ce genre de moteurs recevant leur mélange combustibles de gazogènes Buire-Lencauchez, et il est à penser que cet élan ne se ralentira pas, vu le bon marché excessif auquel la force motrice est obtenue par ce procédé.

H. G.

Armature d'électro à attraction constante, disposition Schoeller et Jahr.

Dans les dispositions usuelles pour la production du mouvement alternatif d'une armature, celle-ci doit se trouver à une certaine

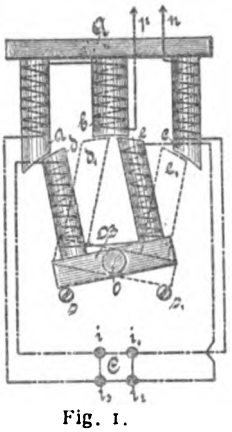


Fig. 1.

distance des pôles de l'électro-aimant. Comme la force magnétique diminue avec le carré de la distance, il faut, pour obtenir une grande force initiale, donner à l'électro des dimensions assez considérables. En outre, à mesure que l'armature est attirée, la force qui agit sur elle croît d'une manière démesurée.

Ces inconvénients sont évités dans le dispositif figure 1 (1). Il a pour principe la combinaison d'un électro-aimant à nombre impair de pôles avec une armature à pôles en nombre paire. L'électro fixe A présente les trois pôles, *a*, *b* et *c*, dont les deux extérieurs *a* et *c* sont de même polarité, celui du milieu *b* de nom contraire par rapport aux deux autres. L'armature est remplacée par un électro-aimant à pôles *d* et *e*, mobile autour de l'axe *o*. Les taquets *s* et s_1 empêchent que les pôles de l'armature B engagent plus d'un tiers de leur largeur sous les pôles de l'électro A.

Les fils *p* et *n* conduisent le courant dans l'enroulement des trois noyaux de A, puis au commutateur C, de construction quelconque. Les extrémités de l'enroulement de B aboutissent également à ce commutateur.

Dans ce montage, les pôles de l'électro A conservent toujours la même polarité, tandis que ceux de B changent alternativement de signe, selon qu'au commutateur on relie *i* à i_1 et i_3 à i_2, ou bien *i* à i_3 et i_1 à i_2.

On se rend facilement compte que dans le mouvement de l'armature la force attractive croît d'un côté de la même manière que la force répulsive de l'autre côté décroît, et que la force résultante reste la même pendant le mouvement de la partie mobile. Cette circonstance permet d'obtenir un système puissant avec des noyaux de dimensions relativement petites.

Compteur Elihu Thomson (1894)

Le perfectionnement consiste à ajouter aux inducteurs en série MM du compteur moteur

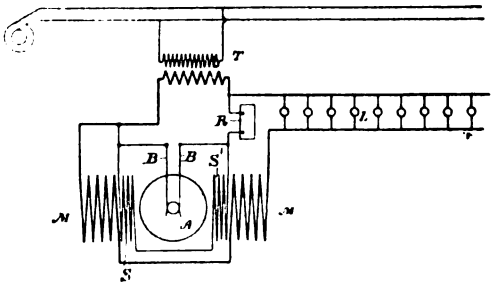


Fig. 1. — Compteur Elihu Thomson.

A un enroulement dérivé SS', juste suffisant pour assurer le démarrage du moteur avec les courants les plus faibles. On remarque que toute augmentation de la résistance ou de la

(1) *Zeitschr. f. Elektrot.* octobre 1894.

Digitized by Google

force contre-électromotrice de l'armature A augmente l'intensité du courant dérivé en SS', de manière que la sensibilité du compteur reste presque indépendante de sa charge.

G. R.

Pile rotative Dubers (1894)

L'élément négatif de cette pile est constitué par un tambour rempli de granules de manganèse D, à fonds percés et traversés de blocs de charbon E, et tournant dans l'auge B, qui constitue l'élément positif. Le liquide excitateur est une dissolution de chlorure de sodium entrant par F sortant par G. Les bornes positive et négative sont indiquées en P et en N : aboutissant l'une à A B l'autre à l'axe C, sur lequel on peut enfiler plusieurs piles séparées par des isolants I. A mesure que les roues tournent, leurs éléments se renouvellent au contact de l'atmosphère.

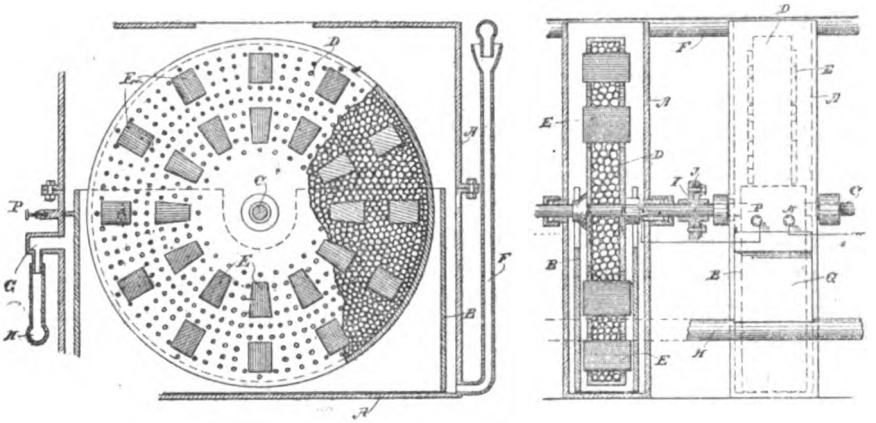


Fig. 1 et 2. — Pile rotative Dubers.

G. R.

Sur la construction des galvanomètres sensibles, par Arthur Schuster (1).

On a essayé à plusieurs reprises d'accroître la sensibilité des galvanomètres ; mais je n'ai pas vu de calculs relatifs aux limites qu'il est possible d'atteindre, ou sur les avantages obtenus en enroulant le mieux possible théoriquement.

Maxwell a montré comment il faudrait enrouler une bobine pour obtenir le champ magnétique maximum avec un courant donné. Un certain espace doit être laissé libre au centre de la bobine pour recevoir l'aiguille aimantée, et la sensibilité dépendra de la forme et des dimensions de cet espace. Nous pouvons prendre le cas d'une cavité sphérique ou cylindrique qui se prêtent le plus facilement au calcul numérique.

Adoptons la notation suivante :

G = force magnétique au centre de la bobine, par unité d'intensité de courant ;

R = résistance totale du galvomètre ;

P = résistance spécifique du fil employé ;

a = rayon de la cavité sphérique ou cylindrique dans laquelle est suspendu l'aimant;

B = rapport de diamètre du fil nu à celui du fil couvert d'une enveloppe.

On trouve pour un galvanomètre enroulé de la manière la plus favorable,
avec une cavité sphérique

$$\frac{G^2}{R} = \frac{2\pi^2}{3}\frac{\beta^2}{\rho a} = 6{,}58 \times \frac{\beta^2}{\rho a};$$

avec une cavité cylindrique

$$\frac{G^2}{R} = \frac{3\pi^2}{16}\frac{\beta^2}{\rho a} = 5{,}81\ \frac{\beta^2}{\rho a}.$$

On a admis dans ce calcul qu'à l'exception de la cavité l'espace entier est occupé par l'en-

(1) Communication faite à l'Association britannique, réunion d'Oxford.

Digitized by Google

roulement, dont les couches extérieures n'affectent évidemment que très peu le résultat. Dans la pratique, le cas le plus important est celui où la gorge qui reçoit l'enroulement présente une section rectangulaire. Weber a calculé les meilleures dimensions pour une gorge de cette forme, en admettant que le fil soit uniforme et en négligeant l'épaisseur de la couverture avec les dimensions de Weber je trouve

$$\frac{G^2}{R} = 3{,}22\ \frac{1}{\rho a}.$$

Avec une gorge rectangulaire, et du fil de même diamètre pour chaque couche, mais variable d'une couche alors de façon à donner le meilleur résultat, je trouve

$$\frac{G^2}{R} = 3{,}97\ \frac{\beta^2}{\rho a}.$$

Dans ce dernier cas la longueur du cylindre sur lequel est enroulé le fil doit être d'environ deux fois le diamètre.

Dans quelques-uns des galvanomètres très sensibles qui ont été construits récemment, on a cherché surtout à rendre le moment d'inertie de la partie mobile aussi petit que possible, de façon à obtenir un système plus astatique, sans augmenter la période d'oscillation.

En ce qui concerne les aimants, il n'est pas douteux qu'il est avantageux de les faire courts et légers ; mais dans un galvanomètre que j'ai essayé, une grande partie de l'avantage gagné par la réduction de poids des aimants est perdue par la trop grande réduction des dimensions du miroir. L'angle que l'on peut lire avec un galvanomètre à miroir est proportionnel à la largeur de celui ci. Les petits miroirs de 3 millimètres de diamètre seulement, dont on se sert, sont difficiles à obtenir avec une bonne surface, et il me semble préférable de pouvoir lire les déviations du galvanomètre avec plus de précision, quitte à augmenter un peu la période d'oscillation.

Si le système magnétique est formé d'un nombre suffisant d'aimants courts placés côte à côte, le moment magnétique peut être augmenté presque dans le même rapport que le moment d'inertie, de sorte que nous pouvons obtenir une courte période de vibration en même temps qu'une masse assez grande pour nous permettre d'y fixer un miroir d'un centimètre de largeur. Le poids du miroir peut être réduit en diminuant la dimension verticale.

Pour donner une idée des extrémités de courant minima qui peuvent être décelées avec un galvanomètre de construction donnée, j'ai réuni quelques exemples. Je prends pour plus petit angle que l'on puisse lire avec un miroir de diamètre d, la valeur $\frac{\lambda}{2d}$, dans laquelle λ représente la longueur d'onde.

A titre de comparaison, nous pouvons prendre le cas d'un galvanomètre enroulé de fil de cuivre ayant, un ohm de résistance et à couverture isolante d'épaisseur négligeable. Si nous prenons un miroir d'un centimètre de largeur, et une cavité libre, sphérique on cylindrique, également d'un centimètre de diamètre ; si, de plus, la composante horizontale du magnétisme terrestre est 0,17, le courant le plus faible qui puisse être déterminé, avec un système non astatique, présente en ampères les valeurs suivantes :

Galvanomètre	Couraut minimum
Cavité sphérique à l'intérieur de l'enroulement le plus favorable.....	$1{,}50 \times 10^{-8}$
Cavité cylindrique à l'intérieur de l'enroulement le plus favorable.....	$1{,}60 \times 10^{-8}$
Bobine de section rectangulaire et des dimensions les plus favorables, fil de diamètre uniforme.....	$2{,}14 \times 10^{-8}$
Bobine de section rectangulaire, fil de diamètre variable, enroulé de la manière la plus favorable.....	$2{,}00 \times 10^{-8}$

L'avantage gagné en enroulant avec du fil d'épaisseur variable n'est donc pas très marqué.

Si les dimensions changent, nous pouvons dire que la sensibilité croît comme l'inverse de la racine carrée de la cavité, proportionnellement à la racine carrée de la résistance, et à la largeur du miroir. Il n'est pas avantageux, toutefois, de donner au miroir plus d'un

Digitized by Google

centimètre de largeur, car il serait peu commode d'utiliser toute l'ouverture, même si l'on pouvait obtenir des miroirs suffisamment parfaits et légers.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES
ET DES
PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Par MM. J. BLONDIN et C. RAVEAU

Société Internationale des Electriciens

Séance du 7 novembre 1894

M. Postel-Vinay, président, annonce la création, au Laboratoire central d'Electricité, d'une école d'application qui ouvrira ses cours, cette année, le 1er décembre et les années suivantes le 1er novembre.

M. Pellissier communique le résultat des études qu'il a faites, pendant son séjour en Amérique, sur la distribution de l'heure dans les Etats-Unis.

L'unification de l'heure dans toute l'étendue d'un pays est d'une utilité universellement reconnue aujourd'hui ; en France depuis quelques années, l'extension des voies ferrées a amené l'adoption d'une heure légale uniforme, mais l'usage de cette heure n'est pas encore entrée dans la pratique. Dans des pays aussi vastes que les Etats-Unis, où la différence d'heure entre deux points peut dépasser trois heures, une unification complète aurait des inconvénients, on les évite par le système des fuseaux, qui consiste à attribuer la même heure à tous les points compris entre deux méridiens déterminés, si on prend ces méridiens distants de 15°, la différence entre les points extrêmes sera d'une heure et les aiguilles des minutes de toutes les horloges doivent avoir la même position. Aux Etats-Unis on adopte ce système légèrement modifié, en limitant ces réseaux par des frontières d'États. Il y a quatre réseaux, celui de l'Est, qui prend l'heure du 75e degré de longitude, c'est-à-dire à peu près celle de Washington, celui du centre à l'heure de Chicago ; celui des Montagnes, l'heure d'Ottawa (105°) et celui du Pacifique l'heure du 120e degré, soit à peu près celle de San Francisco. Le deuxième réseau déborde un peu parce qu'un grand nombre de lignes partent de Chicago.

L'heure est transmise tous les jours à midi, grâce à l'entente des Compagnies de chemins de fer, de la *Western Telegraph Company* et d'une autre compagnie privée, à tous les bureaux de télégraphe, aux gares de chemins de fer et à vingt mille abonnés. Les mécanismes de transmission, que M. Pellissier décrira prochainement dans ce journal sont remarquablement simples et les appareils peu coûteux. Néanmoins le prix de l'abonnement est de 2,50 dollars par mois soit 150 francs par an.

M. *Maréchal* expose les recherches qu'il a entreprises, en commun avec M. *Rigollot* sur les phénomènes actino-électrique. Ces phénomènes, découverts par Becquerel, ont été l'objet d'études nombreuses ; en particulier MM. *Gouy* et *Rigollot* ont découvert l'action produite par l'éclairement d'une lame de cuivre oxydé plongée dans une solution aqueuse d'un sel haloïde.

On oxyde la lame en la chauffant ; on la regarde sous une incidence de 45° ; quand la couleur de la lame mince d'oxyde formée arrive au deuxième violet. L'épaisseur est convenable ; la couleur de la lame vue sous l'incidence normale est rouge grenat ; la couche d'oxyde est adhérente. On vernit la face qui ne doit pas être exposée à la lumière.

La lumière diffuse produit une force électromotrice de quelques millièmes de volt ; celle du soleil environ un dixième de volt. L'action de divers rayons lumineux n'est pas la même, il y a pour toutes les dissolutions un maximum d'action au voisinage du bleu ou du vert. On augmente beaucoup la sensibilité de la plaque en la trempant dans diverses dissolutions de matières colorantes et les laissant sécher. La position du maximum dépend de celle de la bande d'absorption de la substance correspondante.

Digitized by Google

La force électromotrice n'est pas due à l'échauffement de la lame exposée aux radiations; on le prouve par une expérience très élégante : Au voisinage de la pile, on place un brûleur Bunsen; avec la flamme oxydante qui dégage beaucoup de chaleur, l'action est nulle. Au contraire, si l'on tourne la bague de façon à produire une flamme éclairante il se développe une force électromotrice. Les actions sont d'ailleurs instantanées et cessent immédiatement quand on supprime la source.

Toutefois les rayons lumineux sont seuls actifs ; on le prouve en interposant une lame de verre très transparente entre la source et la pile ; la force électromotrice diminue (1).

La force électromotrice est en raison inverse du carré de la distance à la source, pour des sources peu intenses; des mesures faites avec la lumière solaire traversant deux nicols d'angle variable ne montrent plus cette proportionnalité de la force électromotrice a l'intensité ; la première quantité croît plus vite que la seconde.

Les auteurs ont essayé d'utiliser leur pile à la transmission électrique des signaux optiques ; on n'obtient aucun résultat dans les conditions ordinaires ; il faut activer la pile par la lumière solaire.

On a pu utiliser la pile actinoélectrique comme relais , deux piles reliées à une ligne sont placées symétriquement par rapport à un galvanomètre qui envoie un rayon réfléchi sur l'une ou sur l'autre, suivant le sens du courant qu'il reçoit ; on a pu de cette façon transmettre les signaux le long d'une ligne artificielle représentant environ les quatre cinquièmes du câble Marseille-Alger.

L'étude de la lumière diffusée venant du pôle Nord a montré l'existence d'un maximum à une heure de l'après-midi dans les belles journées ; c'est aussi l'heure du maximum de l'élongation diurne de l'aiguille aimantée. Les auteurs basent sur cette remarque une théorie du magnétisme terrestre et des courants telluriques qui auraient en définitive leur origine dans l'action des radiations solaires sur la surface de l'écorce terrestre, cette hypothèse expliquerait l'action des aurores boréales sur l'aiguille aimantée, ainsi que celle des taches solaires et la diminution de la fréquence des orages quand on s'approche des pôles. Il serait à désirer que dans tous les observatoires, des observations comparatives fussent instituées, pour permettre de déterminer exactement la relation entre les phénomènes magnétiques et l'intensité de la radiation solaire.

C. R.

(1) Dans l'expérience faite sous nos yeux, il se produisait sur la lame de verre une réflexion très notable, qui nous semble expliquer suffisamment la diminution de force électromotrice observée.

Variation avec le temps de la polarisation spontanée des éléments à amalgames en circuits fermes, par Th. des Coudres (1).

L'appareil employé se compose d'un vase cylindrique (fig. 1), contenant en A du mercure et en B une dissolution de sulfate de zinc.

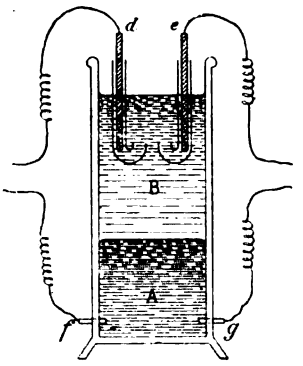


Fig. 1.

Dans ce dernier liquide plongent deux cylindres de zinc ; ceux-ci sont entourés par des tubes de terre recourbés inférieurement afin

(1) *Wiedemann's Annalen*, t. LII, p. 101-205; avril 1894.

Digitized by Google

d'empêcher les particules de zinc, qui peuvent se détacher de leurs surfaces, de tomber dans le mercure. Deux fils de platine d et e sont soudés à ces cylindres; deux autres fils f et g pénètrent dans le mercure. Les fils d et f sont reliés à un électromètre qui donne la force électromotrice de l'élément zinc-sulfate de zinc-mercure. Par les deux fils e et g on fait passer un courant d'intensité constante dirigé de e vers g. Sous l'action de ce courant il se forme un amalgame à la surface du mercure, et la force électromotrice de l'élément ainsi modifié va en décroissant. Quand on cesse de faire passer le courant l'amalgame superficiel se diffuse dans les couches profondes du mercure et la force électromotrice de l'élément croit. C'est cette variation de la force électromotrice que l'auteur étudie expérimentalement dans le but de vérifier si comme il résulte des travaux de Lindek, Ramsay, Tamman, de Turin et G. Meyer, la loi de diffusion des amalgames est, entre certaines limites de concentration, identique à celle des gaz.

D'après Nerst, Everett et Warburg la force électromotrice E est donnée en fonction de la concentration u (exprimée en gramme par centimètre cube) par la formule

$$E = \frac{0,86}{N}\,\theta \log \text{nat}\,\frac{v}{u} \times 10^{-4} \text{ volt},$$

N étant un nombre dépendant du poids moléculaire du métal et qui est égal à 2 dans le cas du zinc, θ étant la température absolue et v une quantité dépendant de la nature du métal qu'il faut déterminer par l'expérience. Si l'on veut seulement la variation E' de la force électromotrice quand la concentration passe de la valeur u_1 à la valeur u_2 la connaissance de v est inutile, car on a

$$E' = \frac{0,86}{N}\,\theta \log \text{nat}\,\frac{u_1}{u_2} \times 10^{-4} = \frac{1,981}{N}\,\theta \log \frac{u_1}{u_2} \times 10^{-4} \text{ volt}.$$

Pour avoir u_1 et u_2 admettons que l'amalgame se difluse réellement comme un gaz. Nous aurons alors, en désignant par x la distance d'un point du mercure au plan de séparation de ce liquide et du sulfate de zinc et par t le temps

$$\frac{du}{dt} = k\,\frac{d^2u}{dx^2} \qquad (1)$$

k étant la constante de diffusion, nous devons donc chercher la solution de cette équation qui satisfait aux conditions de l'expérience.

Comptons le temps à partir de l'instant où nous faisons passer dans l'élément le courant constant d'intensité I. Pour $t = o$ nous devons donc avoir $u = o$ en tout point du mercure. A la surface du mercure u varie et il est facile de voir qne, pour $t = o$, on doit avoir

$$k\,\frac{du}{dx} = -\frac{hI}{q} = -ck$$

h étant la quantité de zinc entraînée par un courant d'intensité 1 et q étant la section du mercure. La solution de l'équation (1) qui satisfait à ces conditions est,

$$u = -cx + \frac{2c}{\sqrt{\pi}}\,x \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{kt}}} e^{-\beta^2}\,d\beta + \frac{2c\sqrt{kt}}{\sqrt{\pi}}\,e^{\frac{-x^2}{4kt}} \qquad (2)$$

Pour l'instant $t = T$ auquel on cesse de faire passer le courant à travers l'élément on aura donc

$$u = -cx + \frac{2c}{\sqrt{\pi}}\,x \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{kT}}} e^{-\beta^2}\,d\beta + \frac{2c\sqrt{kT}}{\sqrt{\pi}}\,e^{\frac{-x^2}{4kT}},$$

et à ce même instant, on doit avoir dans le plan $x = o$

$$\frac{du}{dx} = o.$$

La solution de l'équation aux dérivées partielles (1) qui satisfait à ces nouvelles conditions est

$$u = \frac{2cx}{\sqrt{\pi}} \int_a^b e^{-\beta^2}\,d\beta + \frac{2c\sqrt{kt}}{\sqrt{\pi}}\,e^{\frac{-x^2}{4kt}} - \frac{2c\sqrt{k(t-T)}}{\sqrt{\pi}}\,e^{\frac{-x^2}{4k(t-T)}} \qquad (3)$$

où les limites supérieure b et inférieure a de l'intégrale sont

$$b = -\frac{x}{2\sqrt{kt}}, \qquad a = -\frac{x}{2\sqrt{k(t-T)}}$$

Des expressions (2) et (3) on déduit pour la valeur de u dans le plan $x = o$,

Digitized by Google

$$u_{(x=0)} = \frac{2c\sqrt{kt}}{\sqrt{\pi}} = \frac{2hI}{q}\frac{\sqrt{t}}{\sqrt{\pi k}}, \qquad (4)$$

pour toute valeur de t inférieure à T et

$$u_{(x=0)} = \frac{2c\left(\sqrt{kt} - \sqrt{k\,(t-\mathrm{T})}\right)}{\sqrt{\pi}} = \frac{2hI}{q}\frac{\sqrt{t} - \sqrt{t-\mathrm{T}}}{\sqrt{\pi k}} \qquad (5)$$

pour toute valeur de t supérieure à T.

Dans les expériences que nous indiquions en commençant les forces électromotrices étaient mesurées après la cessation du passage du courant; c'est donc la formule (5) qu'il faut appliquer pour avoir la valeur théorique de la concentration de l'amalgame à la surface du mercure. Si nous l'appliquons à deux instants t_1 et t_2 et si nous portons les valeurs de u_1 et de u_2 ainsi trouvées dans l'expression de la variation E′ de la force électromotrice, nous obtenons, pour $\theta = 273 + 20 = 293°$,

$$\mathrm{E}' = \frac{0{,}058}{\mathrm{N}}\,\mathrm{tg}\,\frac{\sqrt{t_1} - \sqrt{t_1 - \mathrm{T}}}{\sqrt{t_2} - \sqrt{t_2 - \mathrm{T}}}\ \text{volts}.$$

Le tableau suivant donne les valeurs de E′ calculées d'après cette formule et les valeurs de cette variation fournies par l'expérience dans le cas où le temps T du passage du courant est égal à 10 minutes :

t_1	t_2	E′ observé	E′ calculé
15′30″	20′	0,00232 volts	0,00246 volts
20′	30′	0,00344 —	0,00334 —
30′	40′	0,00199 —	0,00215 —
40′	50	0,00166 —	0,00160 —
50′	110′	0,00503 —	0,00535 —
		0,01444 volts	0,01490 volts

Comme on le voit, la concordance entre les valeurs théoriques et les valeurs expérimentales est des plus satisfaisantes; elle est même meilleure qu'on pouvait s'y attendre, la méthode présentant deux causes d'erreurs assez importantes. La première est la difficulté de maintenir constante l'intensité du courant traversant l'élément puisque dans son circuit se trouve la force électromotrice de l'élément qui varie continuellement. D'autre part on avait trouvé commode de substituer à l'électromètre un galvanomètre à grande résistance pour la mesure de la force électromotrice; il en résultait le passage d'un faible courant de d à f à travers l'élément, courant qui transportait dans le mercure A une petite quantité de zinc dont il n'est pas tenu compte dans le calcul.

L'auteur fait remarquer qu'on pourrait éviter ces causes d'erreurs en produisant la formation de l'amalgame par le courant même résultant de la jonction des fils d et f au galvanomètre. On aurait alors, en divisant l'expression E de la force électromotrice par la résistance W de ce galvanomètre et de l'élément évalué en ohms,

$$i = \frac{1}{\mathrm{W}}\frac{0{,}86}{\mathrm{N}}\,\theta\,\log\,\mathrm{nat}\,\frac{v}{u} \times 10^{-4}\ \text{ampères}$$

pour l'intensité du courant traversant le galvanomètre. Quant à u il se déterminerait comme précédemment en cherchant la solution de l'équation différentielle (1) satisfaisant aux conditions de l'expérience, conditions qui se réduisent, ainsi que l'auteur le démontre très longuement, à ce que l'on ait à chaque instant

$$\left(\frac{du}{dx}\right)_{x=0} = -\frac{hi}{qk} = -\frac{h}{qk}\frac{1}{\mathrm{W}}\frac{0{,}86}{\mathrm{N}}\,\theta\,\log\,\mathrm{nat}\,\frac{v}{u} \times 10^{-4}.$$

Un autre point que l'auteur fait ressortir est que, par suite de l'accord de l'expérience et de la théorie, il est permis d'utiliser les formules auxquelles conduit celle-ci à la détermination de k, la valeur de la force électromotrice étant alors déterminée expérimentalement à tout instant. On a donc ainsi une nouvelle méthode de détermination de la constante de diffusion k des amalgames dans du mercure.

J. B.

Sur la théorie de la machine Wimshurst, par le P.-V. Schaffers (1).

« On admet généralement que, dans la machine Wimshurst, le rôle des mâchoires à peignes est de décharger les plateaux. Les ar-

(1) *Comptes Rendus*, t. CXIX, p. 535 (24 septembre 1894).

Digitized by Google

matures resteraient donc sensiblement neutres entre les peignes et les balais des conducteurs diamétraux les plus proches dans le sens de la rotation ; elles ne se rechargeraient que sous ces balais.

« Nous avons reconnu qu'en réalité les plateaux ne sont neutres en aucun de leurs points. Les signes des charges s'intervertissent, sur un des plateaux, aux balais du conducteur diamétral ; sur l'autre, aux peignes, c'est-à-dire aux moitiés des mâchoires qui font face à ce plateau. Le second conducteur diamétral sert à empêcher le renversement, comme dans la machine de Voss. Les secondes moitiés des peignes n'ont aucune utilité.

« Le fonctionnement de la machine n'exige donc, à la rigueur, que la moitié des organes ordinaires, un conducteur et deux demi-peignes, comme il est facile de s'en assurer. Dans la machine complète, les parties actives sont celles où le mouvement de l'électricité est le plus facile. De là, parfois, dans les appareils peu symétriques, des distributions anormales en apparence.

« La théorie que nous sommes amené à proposer revient donc à assimiler absolument le jeu de la machine Wimshurst à celui de la machine Holtz du second genre, l'induction due aux charges des plateaux s'exerçant, dans la première, sur deux demi-peignes et sur les balais du conducteur diamétral opposé, comme elle s'exerce dans la seconde sur les deux couples de peignes.

« Au point de vue pratique, il en résulte deux conséquences importantes :

« D'abord, il est toujours inutile d'employer des peignes en fer à cheval : des peignes droits devant un seul des plateaux les remplacent parfaitement. De nombreuses mesures nous ont démontré que le rendement est exactement le même.

« En second lieu, la machine Wimshurst actuelle ne donne que la moitié du débit qu'on pourrait lui demander. En effet, d'après notre théorie, toute l'électricité transportée par un des plateaux provient d'un conducteur diamétral non relié aux électrodes. Si l'on coupait le conducteur, et qu'on mît ses deux moitiés en relation avec les électrodes, cette électricité serait utilisée pour le débit extérieur, comme celle de l'autre plateau. L'expérience a pleinement vérifié cette déduction. Voici, par exemple, quelques résultats obtenus avec la bouteilles de Lane :

	Tours de manivelle en une minute	Etincelles
Type Wimshurst ordinaire..	25	90
	27	101
Type modifié.....	25,5	180
	26	189

« Avec un conducteur diamétral devant chaque plateau, pour empêcher le renversement, la marche de la machine ainsi transformée est d'une constance parfaite.

« Voici donc, en résumé, comment nous avons constitué le nouvel appareil. Les plateaux sont les mêmes que dans le modèle Wimshurst ordinaire. Devant un de ces plateaux, nous montons deux peignes isolés, devant l'autre, deux peignes à 60° environ de la direction des premiers. Les deux peignes de gauche sont reliés à une électrode, ceux de droite à l'autre électrode. Ils sont munis, tout les quatre de balais frotteurs. Enfin, à 30° ou 33° des peignes dans le sens de la rotation de chaque plateau, se trouve un conducteur diamétral portant des pointes sans balais.

« Il est évident que le nouveau modèle de machine Wimshurst construit par M. Bonetti est susceptible des mêmes perfectionnements, la théorie des réactions qui l'entretiennent étant la même. Du reste, nos mesures sur cette machine nous ont donné des résultats identiques : dans tous les cas, le débit s'est trouvé doublé. »

Digitized by Google

Sur l'existence d'une anomalie de la conductibilité des solutions salines à 4°, par C. Déguisne (1).

Il y a quelques années le Dr Silvio Lussana (2) publiait des expériences indiquant que le coefficient de variation avec la température de la conductibilité électrique des solutions aqueuses étendues de divers sels présentait un maximum dans le voisinage de 4°, température pour laquelle, d'après des recherches antérieures de MM. Lussana et Bozzola, ces mêmes solutions présentent un maximum de densité.

A l'instigation du professeur Kohtrausch, l'auteur a entrepris de nouvelles expériences sur quelques dissolutions qui, dans les expériences du Dr Lussana, montraient le plus nettement un maximum du coefficient thermique; ce sont des dissolutions d'azotates de potassium, de strontium et de baryum contenant respectivement 0,025 gr., 0,012 gr., 0,009 gr. de sel par litre d'eau. Ces dissolutions étaient mises dans un vase cylindrique de 2,5 litres environ de capacité où plongeaient deux électrodes en platine de 4 × 4 cmq. distantes de 8 cm. et un thermomètre indiquant le 1/100e de degré et comparé avec un thermomètre normal. La température du liquide s'élevait spontanément de 1° en 30 ou 40 minutes. Avant chaque lecture du thermomètre la dissolution était agitée pour rendre sa température uniforme. La mesure de la conductibilité s'effectuait par la méthode de Kohlrausch avec un téléphone. L'agitation du liquide, la lecture de la température, la mesure de la conductibilité demandant environ deux minutes, il était possible de faire de 80 à 100 déterminations pendant le temps que la dissolution mettait à passer de 2° à 6°.

Du tableau des valeur trouvées par l'auteur il résulte que la conductibilité électrique à une température quelconque comprise entre 3° et 6° peut être très exactement donnée par des formules de la forme.

$$k = k_4 (1 + \alpha (t - 4))$$

où le coefficient thermique est une constante.

Si l'anomalie signalée par le docteur Lussana existait, réellement les valeurs déduites de cette formule devraient différer de 4 à 10 unités, et même de 40 unités pour l'azotate de potassium, des valeurs réelles. Or les différences entre les valeurs calculées et les valeurs trouvées par l'auteur ne sont que de quelques dixièmes d'unité et tout à fait de l'ordre des erreurs expérimentales. Il faut donc conclure que l'anomalie n'existe pas.

Sans pouvoir l'affirmer, l'auteur croit que les résultats obtenus par le docteur Lussana sont dus à une détermination défectueuse de la température. La solution présentant un maximum de densité à 4° les couches inférieures sont les plus froides quand la température moyenne est supérieure à 4°; elles sont au contraire les plus chaudes quand la température moyenne est inférieure à 4°. Si donc le temps qui s'écoule entre l'instant où l'on agite le liquide et celui où on détermine la conductibilité est assez long pour que l'uniformité de la température soit détruite, la mesure électrique se rapporte à des températures qui diffèrent de quantités positives ou négatives de la température lue suivant que celle-ci est inférieure à 4°, on conçoit alors qu'on puisse trouver des résultats indiquant à 4° une anomalie qui n'existe pas en réalité.

J. B.

(1) *Wiedemann's Annalen*, t. LII. p. 604-607; 1894.

(2) *Lussana. Atti del R. Ist Ven.*, (7). 4. 1892-1893.

Digitized by Google

CHRONIQUE

Nous recevons la communication suivante relative à l'organisattou d'une Ecole d'application au Laboratoire central d'électricité, 12 et 14, rue de Staël, à Paris :

Le Laboratoire central d'électricité comprendra deux services distincts :

1° Le service des étalonnements et essais ;

2° Le service de l'Ecole d'application.

I. — Service des essais.

Le service des étalonnements conserve son organisation antérieure. Le Laboratoire continuera à prendre des élèves admis dans les conditions indiquées par le règlement.

II. — École d'application.

L'École d'application a pour but de donner aux ingénieurs les connaissances pratiques qu'exige l'emploi si étendu de l'électricité dans l'industrie.

Conditions d'admission. — Les élèves de toute nationalité seront admis sans limites d'âge. Les candidats non munis d'un diplôme reconnu suffisants auront à subir un examen portant sur les matières suivantes : Électricité (programme de la licence ès science physiques), notions de Mathématiques, de Mécanique et de Physique générale nécessaires pour le développement du programme d'Électricité.

Les frais d'étude sont de 200 francs payables d'avance en deux moitiés : l'une à l'entrée, l'autre au 1er mars.

Enseignement. — L'enseignement comprendra:

1° Un cours de 30 à 35 leçons sur l'Électricité industrielle ;

2° Un cours de 20 à 25 leçons sur les mesures électriques ;

3° Une série de conférences sur des questions spéciales ;

4° Des exercices pratiques d'électricité ;

5° Des exercices d'ateliers ;

6° L'établissement de projet d'installations industrielles ;

7° Des visites d'usines.

Emploi du temps. — Les leçons et conférences auront lieu le matin entre 9 heures et midi. Les exercices d'atelier et de laboratoire auront lieu le matin ou l'après-midi, de 2 heures à 6 heures. Une période de 1 à 2 mois sera laissée auv élèves après la fin des cours pour la préparation de leur projets.

Examens. — Les élèves seront examinés au milieu de l'année par leur professeurs; à la suite de cet examens ils auront une semaine de congé.

Une deuxième série d'examens aura lieu au mois de juin. Le jury sera désigné par le Comité de direction du Laboratoire est choisi parmi les membres de la Société.

Diplôme. — Les élèves ayant satisfait aux examens recevront un diplôme, Il leur sera retenu pour frais de diplôme une somme qui sera fixée ultérieurement.

Publicité des cours et conférencss. — Les cours pourront être suivis par des personnes autorisées par le directeur, moyennant le versement d'une redevance de 50 francs payable d'avance.

Les conférences seront publiques pour les membres de la Société.

Ouverture des cours. — Les cours de l'exercise 1894-1895 ouvriront le lundi 3 décembre 1904.

Voici d'après la *Revue Industrielle* quelques renseignements sur le torpilleur en aluminium construit par MM. Yarrow et Cie, pour le compte du gouvernement français.

Les dimensions principales de ce bâtiment sont :

Longueur	18,25	mètres
Largeur	2,82	—
Tirant d'eau moyen en charge	0,95	—
Déplacement maximum en charge	14	tonneaux

La vitesse très remarquable, eu égard à ses dimensions, est de 20,5 nœuds, soit 1,75 nœud de plus que la vitesse maximum prévue au contrat.

Avec sa machine à bord et le remplissage normal de la chaudière, ce torpilleur pèse moins de 9,5 tonnes, soit une différence de 2 tonnes sur un bateau semblable de mêmes dimensions de la marine anglaise; dans ce total, la chaudière, de 42,5 m² de surface de chauffe, entre pour 3 tonnes.

L'incertitude dans laquelle on se trouvait relativement aux propriétés de l'aluminium employé à la construction des navires, ajoutait à la difficulté du problème. Aussi, MM. Yarrow et Cie avaient-ils depuis longtemps jugé indispensable d'exécuter une série d'expériences, en vue de se

Digitized by Google

rendre compte de la rigidité de ce métal, de la température à laquelle il se travaillait et de sa corrosion. On reconnut alors qu'il était nécessaire de l'allier à un autre métal pour augmenter sa résistance à la traction et lui donner une limite d'élasticité plus élevée, condition très favorable pour l'avenir de l'aluminium dans la construction des petits bateaux.

Dans cet alliage, il entre 6 o/o de cuivre; la résistance à la rupture atteint 23,5 kg et son allongement 6 à 7 o/o.

Afin d'obtenir des indications précises touchant la corrosion, on avait antérieurement pesé très exactement deux tôles d'aluminium qui furent ensuite fixées le long du flanc d'un voilier dont la coque en bois était recouverte en cuivre : deux tôles de cuivre avaient été enlevées pour la circonstance et remplacées par des tôles en aluminium. Ce bâtiment fit ensuite le voyage autour du monde; puis, à son retour, on enleva les tôles d'aluminium, on les pesa à nouveau et on reconnut que leur poids n'avait pas diminué d'une manière appréciable.

Si l'aluminium craint moins que l'acier la corrosion par l'eau de mer, en revanche sa résistance s'altère sous une température relativement basse et son point de fusion est peu élevé; il est aussi attaquable par les alcalis, c'est pourquoi on ne doit pas l'employer dans les condenseurs ou d'autres parties en contact avec de la soude. Il y a donc dans l'emploi de ce métal quelques précautions nouvelles à prendre; aucune des tôles du torpilleur que nous décrivons, aussi bien qu'aucune cornière, n'a été traitée à chaud; le façonnage à froid du métal n'a pas présenté de difficultés. Les couples sont plus rapprochés que s'ils étaient en acier; les cornières, en aluminium de 30 + 30 + 4, sont renforcées sous les machines et espacées de 305 mm; les barrots sont faits avec des cornières semblables.

Les tôles d'aluminium, toutes martelées et façonnées à froid, ont 2,75 mm. pour la quille et les épaisseurs varient entre 1,75 et 2,5 mm. pour le bordé; le pont en dos de tortue, qui recouvre le gaillard d'avant et le kiosque du commandant, sont faits en tôle de 2 mm; on a choisi également l'aluminium pour les tôles varangues et les six cloisons de la coque. Les tôles du pont mesurent 2 mm d'épaisseur; au-dessus de la chaudière, elles sont en acier pour éviter toute déformation par la chaleur; la cheminée est en acier mais avec une enveloppe en alluminium; en raison de sa forme circulaire, le même inconvénent n'est pas à redouter. L'étrave et l'étambot sont en acier forgé zingué.

Tous les rivets sont en aluminium; les coutures verticales en ont trois rangs et les coutures longitudinales deux rangs. Le métal fourni par les usines de Forges a été transformé en tôles, cornières et rivets par M. Charpentier-Page.

Quant à l'appareil moteur de ce torpilleur, la machine à triple expansion de 300 chevaux fait de 580 à 600 tours par minute en pleine marche. Elle est d'un modèle aussi simple que possible, avec tiroirs du type à piston; les organes de fatigue sont en acier forgé; l'hélice est en bronze spécial.

A tous les points de vue, c'est un véritable progrès que viennent de réaliser MM. Yarrow et Cie, répondant ainsi victorieusement aux objections, timides, il est vrai, qu'on n'a pas manqué de faire contre une extension aussi hardie de l'emploi du nouveau métal. Dans leur torpilleur, le métal employé entraine, comparativement à l'acier, une dépense sensiblement plus élevée.

Il semble donc que l'aluminium ne pourra prendre une grande extension dans la construction des navires que si on arrive encore à diminuer son prix déjà considérablement abaissé depuis quelques années ; mais, tant qu'il restera aux environs de 8 fr. pour les tôles et les cornières, ses applications ne pourront guère sortir des cas où les qualités du navire priment de beaucoup la question de prix, comme dans le nouveau torpilleur de MM. Yarrow et Cie.

Suivant la *Revue Industrielle*, il est question d'organiser une nouvelle course de voitures mécaniques, en se plaçant cette fois non pas au point de vue du confort des voyageurs comme l'a fait le *Petit Journal*, mais en attribuant des récompenses aux concurrents dont les voitures réaliseront les vitesses les plus grandes sur un long parcours.

Une souscription est ouverte à Paris, en vue de réunir les sommes nécessaires pour couvrir les frais de ce concours et distribuer des prix en espèces.

Les conditions fondamentales de cette course seraient les suivantes :

Digitized by Google

1° Parcours de 1000 kilomètres au minimum et 1200 au maximum ; 2° départ de Paris et arrivée dans la même ville ; 3° admission de voitures actionnées exclusivement par un moteur électrique, un moteur à vapeur, à pétrole, etc., sans l'aide d'aucune force animale.

Les prix seraient répartis ainsi : au premier arrivé 70 o/o de la souscription ; au deuxième, 15 o/o ; au troixième, 7 1/2 o/o, et aux trois suivants 2 1/2 o/o.

Neuf jours avant la course, on ouvrirait une exposition payante dans laquelle les concurrents seraient tenus d'exposer leurs véhicules ; chaque voiture engagée paierait une entrée de 200 francs. On répartirait toutes les sommes résultant des bénéfices intégraux des expositions, engagements, etc., entre les gagnants dans les proportions indiquées ci-dessus.

Un comité d'organisation est déjà constitué, avec les pouvoirs nécessaires pour assurer la bonne réussite de ce concours, qui doit avoir lieu dans le courant de mai 1895, et pour lequel le nombre des voitures n'est pas limité ; mais les constructeurs ne devront pas présenter plusieurs voitures du même type et de dimensions similaires.

On a d'ores et déjà arrêté que les voitures à quatre places et au-dessus auront seules le droit de concourir pour le premier prix, et que, dans le cas où les voitures devraient prendre leur force motrice par des accumulateurs d'énergie disposés sur le parcours, ces accumulateurs ne pourraient être changés que tous les 100 kilomètres.

Enfin on a prévu sagement que les concurrents ne seront pas tenus de faire toute la course avec le même conducteur, néanmoins les véhicules devront toujours porter le nombre de voyageurs que la voiture comporte ou un poids mort correspondant.

Nous croyons savoir que plusieurs de nos bons constructeurs de voitures mécaniques se sont déjà fait inscrire pour prendre part à cette course de vitesse.

Dans le programme des cours professés aux Arts-et-Métiers, nous attirons l'attention sur le cours suivant :

Electricité industrielle. — Les mercredis et samedis, à sept heures trois quarts du soir, M. Marcel Deprez, professeur. Le cours a commencé le mercredi 7 novembre. Etude des lois fondamentales de l'électricité et du magnétisme au point de vue spécial de leur application à l'industrie ; lois de la transmission de l'énergie sous toutes ses formes au moyen de l'électricité ; appareils destinés à la mesure des grandeurs électriques ; théorie générale des machines destinées à produire un courant électrique au moyen d'un travail mécanique ou inversement.

L'*Electricien* signale une expérience à faire sur le mode d'accouplement le plus avantageux des accumulateurs. Il existe deux procédés d'accouplement des plaques ; le premier, généralement adopté, consiste à réunir électriquement les plaques de même nom de chacun des éléments, puis le groupe des plaques positives de chaque accumulateur au groupe négatif du suivant ; le deuxième mode laisse isolées les unes des autres, les électrodes d'un élément et accouple deux à deux chaque mode de l'un des sacs avec l'une des méthodes de celui qui suit :

Il semble que, toutes choses égales d'ailleurs, le second système soit le plus parfait au point de vue théorique ; en effet, sauf dans les couples extrêmes sur lesquels se font les prises de courant, les électrodes étant isolées, les actions locales doivent être réduites au minimum. Il serait facile de vérifier si la théorie est d'accord avec la pratique, en donnant une série de charges et de décharges aussi identiques que possible, d'abord en laissant isolés les uns das autres les points de connexion des électrodes de nom contraire de chacun des couples voisins dans le deuxième mode d'accouplement, puis en les réunissant électriquement, la comparaison raisonnée des rendements obtenus montrerait de quel côté est l'avantage.

Le ministre du commerce vient de signer à la date du 27 octobre un décret qui autorise la Compagnie du Télégraphe de Paris à New-York à céder à la Compagnie française des Télégraphes sous-marins les droits qui lui ont été accordés le 7 janvier 1879 pour l'établissement d'un câble sous-marin transatlantique. Cette décision ratifie la fusion des deux Compagnies.

A l'occasion de cette fusion, le Conseil des ministres s'est occupé de la création d'une nou-

Digitized by Google

velle ligne télégraphique reliant Brest à New-York et New-York à Puerto-Plata et Haïti.

Engineering dit que les habitants de Korser, en Danemark, peu satisfaits de la taxe qu'ils doivent payer à la Compagnie téléphonique locale, viennent de former une nouvelle compagnie qui n'exigera des abonnés qu'une taxe de 35 couronnes (48,50 francs), pour la première année, et de 30 couronnes (41,50 fr.), pour les anées suivantes.

Parmi les pays d'Europe, l'Espagne est un des moins bien desservis au point de vue des communications télégraphiques. Tandis que vers le milieu du siècle, la plupart des États civilisés commencèrent à établir des lignes télégraphiques et furent bientôt pourvus de réseaux étendus, plus ou moins denses, la première ligne intérieure en Espagne ne fut inaugurée qu'en mai 1885.

Un journal technique de Barceione, cité par l'*Eleektrot. Zitschr.*, fait observer que malgré leur installation relativement récente, la plupart des lignes espagnoles sont en très mauvais état ; dans tous les cas, les plaintes auxquelles donne lieu le service télégraphique dans ce pays, sont toujours attribuées à cette cause. Les poteaux seraient pourris, beaucoup d'isolateurs cassés et la transmission, difficile déjà par beau temps, est compromise par la moindre pluie. On assure que tout récemment, à la suite d'un temps pluvieux, tout le service télégraphique d'Espagne a chômé pendant trois jours. Il est donc urgent que la surveillance et l'entretien des lignes soient considérablement améliorés.

La Société lyonnaise des Forces Motrices du Rhône vient d'ouvrir un concours auquel seront affectés 20.000 francs de prix dans le but d'utiliser pour l'alimentation en énergie des communes de Lyon et de Villeurbanne une chute de plus de 15000 chevaux à créer au barrage de Cusset, alimenté par une dérivation du Rhône.

Les unités génératrices présenteront chacune une puissance de 1000 chevaux. Elles devront fournir, sous la tension de 5,500 volts, des courants multiphasés, et la canalisation qui transmettra à Lyon, soit a une distance d'environ 6 kilomètres, cette puissance considérable, sera tout entière souterraine, sauf pour la traversée du Rhône où elle sera aérienne.

Dans son rapport d'une société de mécaniciens américains on trouve les chiffres suivants relatifs à l'augmentation de dépense du combustible avec la vitesse des trains.

La durée du voyage d'un train qui parcourait 160 kilomètres en 4 h. 1/2 avec 27 arrêts fut réduite à 4 heures. Immédiatement la dépense de charbon pour ce train augmenta de 500 francs par mois avec la même machine et le même chauffeur. La durée du voyage ayant été rétablie à 4 h. 1/2 on retrouva l'ancienne dépense de charbon.

Ceci montre que la résistance qu'offre l'air est d'une certaine importance, et il ne faut pas la perdre de vue dans les projets de chemins de fer électriques à trains très rapides.

L'Annuaire de l'Association suisse des électriciens donne la statistique de l'éclairage électrique en Suisse. On y compte 617 installations isolées d'une puissance totale de 617 kilowatts, alimentant 77,831 lampes à incandescence et 1,446 lampes à arc ; et 60 stations centrales d'ensemble 6774 kilowatts pour 66,488 lampes à incandescence et 680 lampes à arc.

Pour éviter la propagation des maladies contagieuses par l'intermédiaire des téléphones on fait en Allemagne des embouchures de transmetteur formées d'un grand nombre de disques de papier superposés : Après ou avant chaque conversation on arrache la feuille de papier supérieure.

D'après M. Preece, tous les phares d'Angelsea, à l'exception de deux, sont en communication téléphonique avec le réseau des lignes terrestres.

Depuis quelque temps on a installé à Vienne des kiosques lumineux analogues à ceux de nos boulevards. Ils en diffèrent toutefois par l'éclairage qui est assuré dans chacun d'eux par une lampe à arc alimentée par la canalisation des stations centrales.

Le Gérant : L. DENNERY.

Imprimerie ALCAN-LÉVY, 24, rue Chauchat, Paris

Digitized by Google

1re Année Samedi 17 Novembre 1894 N° 19

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITE

3, RUE RACINE, PARIS

Directeur P. H. LEDEBOER, Docteur ès-sciences

SOMMAIRE. — La transmission électrique de l'heure aux États-Unis; G. Pellissier. — Sur la nature des rayons cathodiques; J. Blondin. — Un gouvernail propulseur électrique; F. Guilbert. — Première réunion de la Société électrochimique de Berlin; P.-P. Ledeboer. — Les voitures automobiles électriques; J. Reyval. — Extraits de la presse industrielle. Communications. — De l'éclairage par lampes à arc dans les espaces fermés par M. Nerz. — Télégraphie sans ligne métallique, par, E. Rathenau. — Quantité d'eau nécessaire à la condensation. — Vaporisation du carbone. — Revue des Sociétés savantes et des travaux scientifiques. — Sur la propagation des ondes électro magnétiques dans la glace et sur le pouvoir diélectrique de cette substance, par M. Blondlot. — Sur le pouvoir diélectrique de la glace, par M. A. Pérot. — Sur la mesure des coefficients de self-induction, par le Dr A. Tabler. — Sur la réflexion et la résonance des oscillations électriques de Hertz. — Eclaircissement des expériences de Hagenbach. — Zehnder, par Kr. Birkeland. — Recherches nouvelles sur l'arc électrique, par M. Crova. — Bibliographie. — Chronique.

LA TRANSMISSION ELECTRIQUE DE L'HEURE AUX ÉTATS-UNIS

La transmission de l'heure présentait des difficultés particulières aux État-Unis, en raison de l'étendue immense du territoire. D'un autre côté, cette étendue même, le développement considérable des réseaux de chemins de fer et l'activité commerciale sans cesse croissante, rendaient indipsensable la synchronisation pratique des horloges des différentes villes.

La mesure du temps est une des mesures fondamentales les plus importantes au point de vue pratique comme au point de vue théorique, et celle dont l'usage est le plus répandu, c'est aussi l'une des plus difficiles à réaliser avec une exactitude suffisante, en raison de la mobilité des organes de mesure. On peut se procurer facilement, pour l'évaluation des longueurs, des capacités, des poids, des instruments exacts et concordant entre eux. Les gouvernements ont beaucoup fait pour arriver à ce résultat; ils exigent des vérifications et quiconque dans le commerce et l'industrie, se sert d'instruments inexacts est passible de peines édictées par la loi. Mais les horloges échappent à ce mode de contrôle. Les chronomètres coûtent très cher et sont peu répandus; quant aux horloges ordinaires, celles qui donnent l'heure exacte, ce sont des exceptions. Et cependant, le temps entre dans la plupart des contrats comme un des éléments essentiels. Les établissements les plus intéressés à connaître l'heure exacte, comme les télégraphes, les chemins de fer, les usines, sont loin, dans bien des pays, d'avoir en différents points de leurs exploitations, des horloges donnant des indications concordantes. Il n'est pas rare, en voyage, de constater des écarts de plusieurs minutes entre des gares même peu éloignées les unes des autres.

Le public souffre de cet état de choses, et des dommages considérables en résultent parfois.

S'il était nécessaire de chercher des preuves de ce fait bien connu, on les trouverait dans les nombreuses tentatives faites pour obtenir la synchronisation pratique des horloges et dans le succès qui a accueilli les quelques procédés susceptibles d'application. C'est ainsi que, pour ne citer qu'un exemple, la Compagnie Popp qui distribue l'heure à Paris au moyen de l'air comprimé, compte plus de

Digitized by Google

5,000 abonnés employant plus de 7,000 cadrans ; dans ces chiffres ne sont pas comprises les horloges publiques.

En Angleterre, en Suisse, en Amérique, l'heure est plus ou moins complètement distribuée à l'aide du courant électrique.

La France est plus en retard, mais entre résolument dans la même voie. L'Observatoire de Paris règle, dans la capitale, quelques centres horaires qui, à leur tour, corrigent périodiquement les horloges des mairies et de quelques autres points. Il transmet egalement l'heure, le dimanche, à : Rouen, le Havre, Saint-Nazaire, la Rochelle et Nancy. D'un autre côté, quelques villes, Marseille, Besançon, Lyon, ont des distributions d'heure par l'électricité. Les chemins de fer de l'Ouest ont entrepris, avec l'aide d'une Société française, la synchronisation pratique des horloges de réseau.

D'une façon générale, les Compagnies de chemins de fer ont exercé une influence salutaire en amenant l'adoption d'une heure unique sur tout le territoire où s'étend leur réseau. C'est ainsi que toutes les villes françaises ont actuellement la même heure légale qui est celle de Paris ; les chemins de fer de l'Europe centrale ont une heure uniforme, en avance de 56 minutes sur celle de la France ; en Angleterre, l'heure de Greenwich est obligatoire. Cette unification procure des avantages considérables, mais on ne peut l'étendre au-dela de certaines limites sans inconvénients. L'activité humaine est réglée par la marche du soleil et les indications des horloges de temps moyen doivent s'écarter le moins possible de l'heure solaire vraie. Il se présente donc une difficulté d'application assez grave dans un pays d'une vaste étendue, où l'heure solaire vraie diffère considérablement d'une extrêmité à l'autre du territoire.

C'est dans le but d'applanir cette difficulté que M. Sandford Fleeming a proposé le système connu sous le nom de *fuseaux horaires*. Dans ce système, la surface totale du globe se trouve divisée en 24 sections limitées chacune par deux méridiens éloignés l'un de l'autre de 15 degrés ; chacune de ces sections est un fuseau honoraire. Toutes les horloges situées dans les mêmes limites sont réglées pour indiquer le temps moyen du méridien central correspondant. Par suite de la division adoptée de 15 degrés, la différence est juste d'une heure entre chaque section et celle qui la précède ou la suit immédiatement ; les aiguilles des minutes et des secondes donnent donc ainsi, à tout instant et sur toute la surface du globe, les mêmes indications, ce qui facilite beaucoup les relations. Comme, d'un autre côté, l'écart avec le soleil est assez faible, il n'en résulte aucun inconvénient grave ; tout au plus une augmentation ou une diminution relative de la matinée sur l'après-midi. Dans la pratique, les limites de chaque fuseau seraient, non pas les méridiens eux-mêmes, mais les frontières, plus tangibles des Etats ou des provinces les plus voisines. C'est ce qui a lieu en Amérique où se système est adopté.

Le système des fuseaux horaires est déjà employé par plusieurs Etats d'Europe. Le premier méridien part de Greenwich ; l'heure de l'Europe centrale est en avance d'une heure sur celle de Greenwich (ou 56 minutes sur celle de Paris) et celle de l'Europe orientale de 2 heures.

La figure 1 représente la division du territoire des Etats-Unis d'après ce principe. Cette division a été proposée par M. W.-F. Allen, secrétaire de la convention américaine des chemins de fer ; elle a été approuvée par les congrès du temps des 11 et 18 avril 1883, adoptée par les congrès des 11 et 17 octobre de la même année et rendue obligatoire le 18 novembre suivant. Dans le projet de M. Sandford Fleeming, chacun des fuseaux horaires devait être représenté par une lettre ; des appellations moins abstraites ont prévalu dans le projet de M. Allen. L'Amérique du Nord est divisée en quatre fuseaux adoptant, le premier l'heure du soixante-quinzième degré ou *heure de l'Est* ; le second, l'heure du quatre-vingt-dixième degré ou *heure centrale ;*

Digitized by Google

le troisième l'heure du cent-cinquième degré, ou ***heure des Montagnes;*** le quatrième, l'heure du cent-vingtième degré, ou ***heure du Pacifique***; le méridien de Greenwich étant pris comme origine. Le fuseau Est a pour centre Washington, il comprend la Nouvelle Angleterre, la Virginie, la Caroline, une partie du Canada. Le fuseau central dépend de Chicago; il s'étend sur une surface considérable, depuis la frontière du New-Mexico jusqu'à la Georgie, comprenant une partie du Canada, des Etats du Dakota, du Nebraska, du Kansas, tous ceux du Minnesota, de l'Iowa, du Missouri, du Texas, de l'Arkansas, de la Louisiane, du Mississipi, du Tennesse, du Kentucky, de l'Illinois, du Wisconsin, du Michigan, de l'Indiana, de l'Alabama, de la Georgie, de la Floride, de l'Ohio, et le territoire Indien. Le fuseau des Montagnes a pour centre Omaha; il comprend les Etats du Montana, du Nyoming, du Colorado, de l'Utah, de l'Arizona, du New-Mexico. Enfin, le fuseau du Pacifique, comprend les Etats de Washington, de l'Idaho, de l'Oregon, de la Nevada, de la Californie, et de l'Utah, qui se règlent sur San-Francisco. Lorsqu'il est midi à Washington, il est 11 h. du matin à Chicago, 10 h. à Omaha, 9 h. à San Francisco et il est 5 h. du soir à Greenwich.

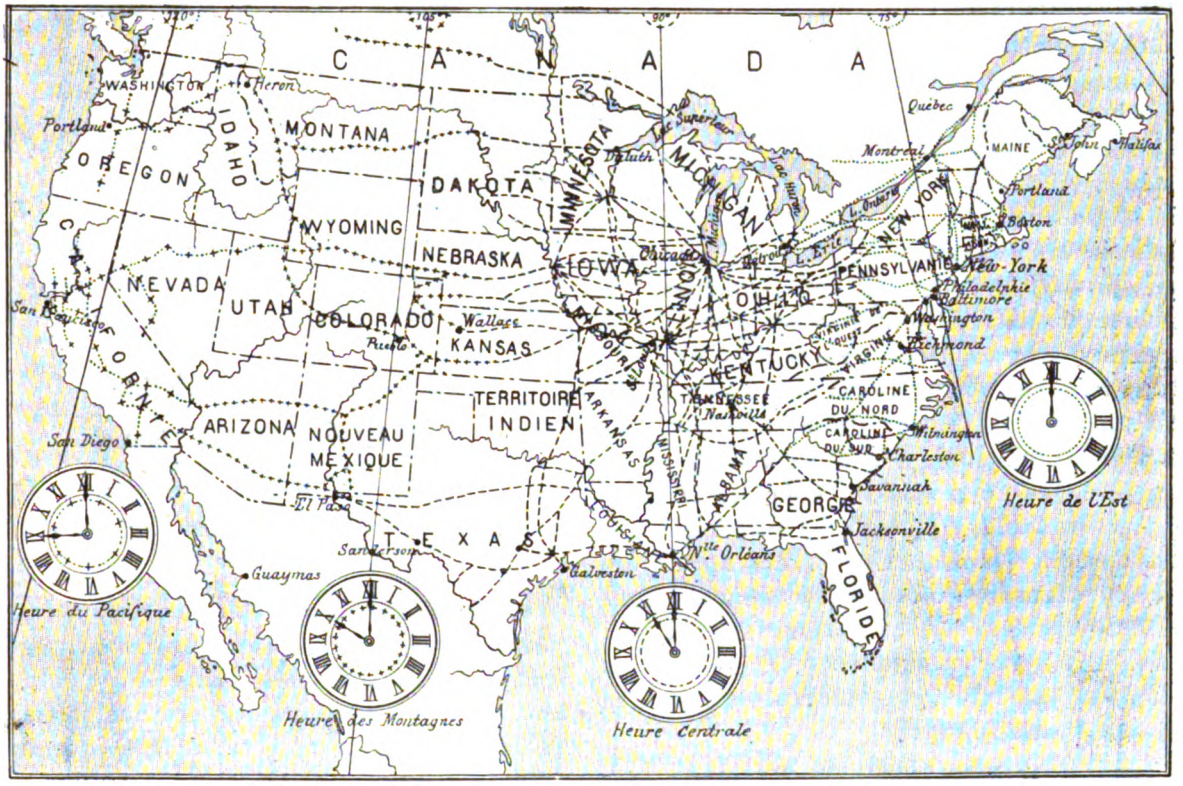


Fig. 1. — Distribution de l'heure aux Etats-Unis.

..... heure légale de l'Est (75me méridien)
– – – – – – – – – – – – » » centrale (90me »)
+ + + + + + + + + + + + » » des Montagnes (105me »)
+···+···+···+···+···+ » » du Pacifique (120me »)

L'unification de l'heure sur tout le territoire de l'Union se fait grâce à la coopération du gouvernement, de la puissante compagnie des Télégraphes, Western Union Télégraph C° et de la Self Winding Clock C°.

Le gouvernement américain a fait installer à Washington, depuis de longues années, un

Digitized by Google

observatoire dans lequel des horloges de grande précision sont réglées suivant les méthodes astronomiques ordinaires pour indiquer le temps exact. C'est d'après ces régulateurs que les chronomètres de la marine sont réglés ; ce sont les régulateurs étalons. Tous les jours à midi, l'un d'eux envoie dans les fils télégraphiques ordinaires un signal électrique à différentes grandes villes.

Ce signal permet de contrôler la marche d'horloges du même type que celles de Washington et de les maintenir en concordance parfaite avec elles. Ces horloges forment des étalons secondaires qui, à leur tour, envoient aux différents réseaux du circuit sur lesquels sont installées les horloges publiques ou privées, des signaux qui permettent de maintenir l'accord entre elles toutes. Ces signaux sont de deux genres. Les uns, qui sont transmis toutes les secondes, — avec intervalles régulièrement espacés, comme nous le verrons plus loin, — sont destinés à régler les horloges de précision, pour les chemins de fer, les horlogers, etc. ; ils n'agissent pas directement sur les horloges. Les autres, qui ne sont transmis que toutes les heures, agissent directement sur les horloges, et ont pour effet de ramener les aiguilles à l'heure juste, si elles s'en étaient légèrement écartées, soit en avance, soit en retard.

Ces quelques explications préalables permettront de mieux comprendre la description détaillée du système.

Chacun sait comment le temps est divisé en jour sidéral, jour solaire vrai et jour solaire moyen. Le jour sidéral dont la durée est celle qui s'écoule entre deux passages consécutifs de la même étoile au méridien d'un endroit donné, a une longueur constante égale à 23 h., 56 m., 4 s. 09 du temps moyen. C'est d'après lui seul qu'on peut régler les horloges avec précision, car seul, il a une durée exacte, constante, définie par un phénomène astronomique. Le jour solaire vrai, au jour astronomique, est mesuré par l'espace de temps qui s'écoule entre deux passages consécutifs du soleil au méridien au lieu d'observation ; sa durée est variable d'un jour à l'autre ; on a donc dû le remplacer dans la pratique, par le jour moyen, calculé, comme son nom l'indique, d'après la moyenne d'un grand nombre de jours solaires vrais ; sa durée, invariable, est de 24 heures exactement.

Il existe, dans les observatoires des horloges réglées pour indiquer les différentes espèces de temps.

Pour contrôler la marche des horloges de temps sidéral, un astronome observe le passage d'une étoile au méridien, dans beaucoup d'observatoires, à Paris, notamment, l'astronome doit regarder l'heure indiquée par la pendule et l'inscrire lui-même ; un batteur de temps, frappant la seconde électriquement, lui facilite la tâche ; on peut atteindre de la sorte

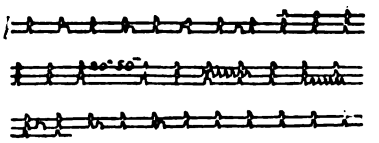


Fig. 2. — Enregistrement chronographique de l'observation d'une étoile.

une grande précision. A Washington, on a préféré l'emploi de chronographes enregistreurs, d'un emploi très facile et qui permettent à la fois d'atteindre une extrême précision et de contrôler à tout moment les résultats obtenus.

Le chronographe (fig. 7) se compose d'un cylindre qui fait un tour par minute et de deux plumes qui sont elles-mêmes entraînées uniformément dans la direction d'une génératrice. Chacune d'elles est commandée par un électro-aimant ; lorsque ceux-ci sont inactifs la courbe inscrite est une spirale régulière ; mais lorsque l'un d'eux vient a être animé, la plume correspondante marque un trait sur la courbe, comme on le voit sur la figure 2. Un des électro-aimants reçoit chaque seconde le courant transmis par le balancier de l'horloge sidérale ; il marque donc des encoches régulièrement espacées. Le second électro-aimant est sur un circuit différent dans lequel se trouve

Digitized by Google

un interrupteur de courant placé à portée de la main de l'observateur. Lors du passage de de l'étoile au méridien, cet observateur ferme le circuit en appuyant sur le commutateur et marque par conséquent un trait qui indique l'heure exacte à laquelle le passage a eu lieu, par comparaison avec l'inscription de l'horloge. Cette heure se trouve indiquée d'autre part, avec toute la précision possible, dans les annuaires spéciaux comme la *Connaissance des Temps, ou l'Annuaire du Bureau des Longitudes*. Il suffit de comparer l'heure observée avec l'heure théorique pour savoir si l'horloge avance ou retarde et de combien. Il y a lieu, bien entendu, de tenir compte des corrections instrumentales et des erreurs d'observations ; on élimine celles-ci, dans la mesure du possible, en répétant l'opération un grand nombre de fois, soit sur plusieurs

Fig. 3. — Comparaison chonographique des horloges de temps sidéral et de temps moyen.

étoiles le même jour, soit sur la même étoile des jours différents, et en prenant la moyenne des résultats.

La marche de l'horloge de temps sidéral étant connue, on tient compte de sa correction, pour les calculs du temps moyen.

La correction de l'horloge de temps moyen se détermine par comparaison directe, au moyen du chronographe, avec l'horloge de temps sidéral. La figure 3 représente cette inscription chronographique.

Toutes ces horloges doivent être d'une grande précision et avoir une marche aussi régulière que possible. Leur construction et leur régiage sont l'objet des plus grands soins ; pour être jugées bonnes, elles ne doivent pas varier de plus de quelques dixièmes de seconde en 24 heures, et toujours dans le même sens, quelles que soient les conditions atmosphérique. Elles sont compensées pour les changements de température, mais subissent encore d'une façon très sensible les différences de densité de l'air. Elles ont un véritable état civil sur lequel sont indiquées les conditions atmosphériques et les variations correspondantes. Ces données servent à calculer les corrections dans le cas où il serait impossible de les déterminer expérimentalement, par l'observation des astres. Si l'on parvenait à supprimer ces causes d'erreur, les horloges sont si parfaites que la correction deviendrait à peu près nulle. C'est ce qui a lieu, à l'Observatoire de Paris, pour le régulateur des caves, à transmission électrique, construit par M. Winnerl. Le mécanisme est placé dans une boîte métallique fermant hermétiquement et à l'intérieur de laquelle l'air conserve toujours la même densité. La température des caves de l'Observatoire est d'ailleurs constante, comme on sait. En outre, pour éviter les erreurs provenant des organes de transmission du courant, ceux-ci sont commandés par un mécanisme spécial dont le régulateur commande l'échappement. Sa marche est absolument régulière ; sa correction est d'environ $1/10^e$ de seconde par jour. On la nettoie seulement tous les 2 ou 3 ans pour changer les huiles.

Tout ce service est indépendant de celui de de l'unification de l'heure. Il existait depuis longtemps à Washington comme dans tous les observatoires astronomiques du globe. En dehors de son but scientifique il servait à l'essai et au réglage des nombreux chronomètres employés à bord des navires de guerre.

Ce n'est qu'à la suite des demandes formulées par les navigateurs pour obtenir, dans les ports, des signaux leur permettant de contrôler et de régler leurs chronomètres, et du public en général pour l'unification de l'heure dans les différentes villes, que le service de la distribution de service de l'heure fut organisée à l'Observatoire naval de Washington, par M. Gardner.

Il fut d'abord de peu d'importance, mais,

Digitized by Google

grâce à la coopération de la Western Union Telegraph C° et de la Self Winding Clock C°, il n'a pas tardé à prendre un développement considérable. Actuellement, il constitue une application du courant électrique des plus utiles et d'une grande importance, car l'heure est distribuée sur toute la superficie des Etats-Unis et du Canada, dans les gares, les bureaux de télégraphe, les monuments publics et enfin à plus de 20,000 horloges privées. C'est la plus complète organisation de ce genre qui ait jamais été réalisée. Elle donne pleine satisfaction. Ce résultat gigantesque a été obtenu sans bruit; aussi est-il à peu près ignoré.

Pour effectuer ce service, on a installé à l'Observatoire de Washington une seconde horloge de temps moyen à peu près identique à la première; elle n'en diffère que par l'addition d'un dispositif particulier très simple servant à transmettre à intervalles réguliers déterminés les signaux électriques. C'est l'*horloge directrice*. La figure 4 représente le schéma des circuits de distribution dans Washington. Nous avons supprimé tout le mouvement d'horlogerie pour ne laisser que la partie électrique.

Le transmetteur est fixé sur l'axe de l'aiguille des secondes S, et tourne avec lui; il se compose d'une simple roue dentée R, dont la périphérie est divisée en 60 parties égales correspondant aux 60 secondes indiquées par l'aiguille; chacune des divisions 1 à 28 et 30 à 54 porte une dent ou came qui fait avancer un ressort *a* chargé d'établir ou de rompre le contact; les divisions correspondant aux 29e, 55e, 56e, 57e, 58e et 59e secondes ne portent pas de dent, en sorte qu'aucun signal n'est transmis pendant ces périodes. Les figures 5 et 6 représentent en détail la roue et les ressorts de contact. Le courant électrique passe constamment dans le circuit, suivant le ressort *a*, la tige *d*, le relai E, le commutateur C. Lorsqu'une dent de la roue R pousse le ressort *a*, le contact est supprimé, le relai E abandonne son armature et un signal est envoyé dans les lignes extérieures. Comme on le voit sur nos figures, la roue R porte une cheville *c* qui

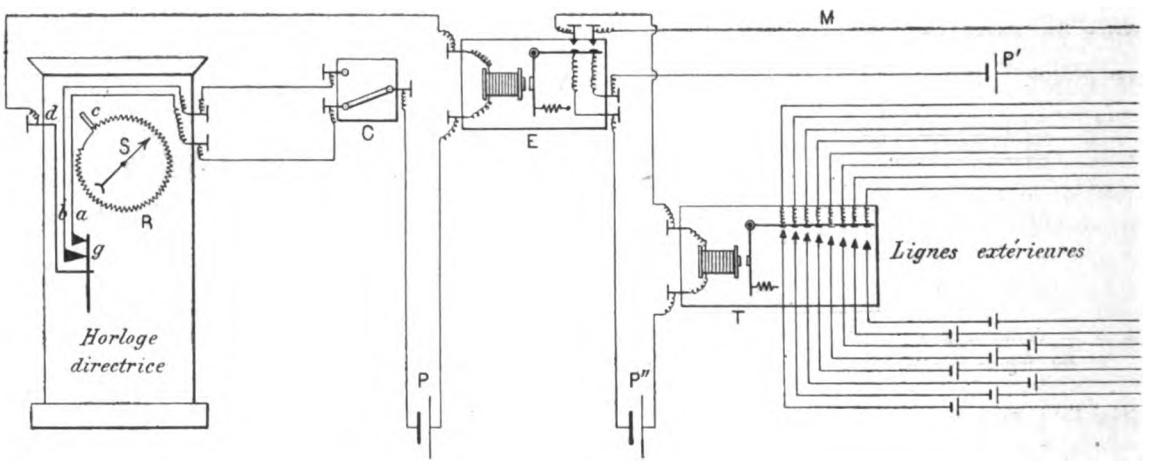


Fig. 4. — Schéma du réseau de distribution de l'heure à Washington.

agit sur un second ressort *b*, une fois à chaque minute. En temps ordinaire, le circuit correspondant à ce ressort est ouvert par le commutateur C; quand on veut transmettre un signal à la minute, ce qui, nous le verrons plus loin, n'a lieu qu'une fois par jour à midi, on manœuvre le commutateur C; le circuit des secondes devient alors inactif.

Le relai E commande deux circuits. Le premier MP' actionne les signaux visuels placés dans les ports pour le bénéfice des navigateurs. Le second TP'' actionne un autre relai T, à 8 directions, qui se trouve placé dans la vitrine des instruments à l'observatoire; les 8 contacts commandés simultané-

Digitized by Google

ment par ce relai ferment les circuits des lignes de la Western Union Telegraph C°, de l'état-major des sapeurs-pompiers et du service officiel de l'heure dans Washington. Cette dernière ligne est employée pour corriger plusieurs centaines d'horloges qui ont été placées par le gouvernement dans ses principaux bureaux et bâtiments, comprenant la

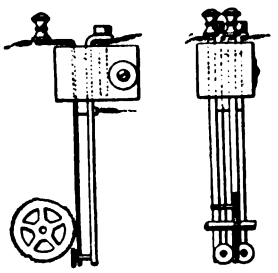


Fig. 5 et 6 — Détail de la roue et des ressorts de contact.

White House, demeure du Président et dans le Capitol, Chambre des Députés; ce sont des horloges ordinaires, munies d'un dispositif particulier opéré par l'électricité et au moyen duquel elles peuvent être corrigées quand elles ont varié.

Depuis l'adoption de l'heure légale, le temps de midi moyen juste au 75° méridien est trans-

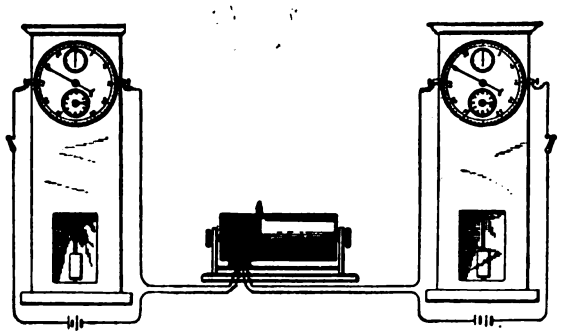


Fig. 7.— Comparaison chronographique de deux horloges.

mis tous les jours par l'Observatoire. Quelques minutes avant midi, l'horloge directrice est comparée avec le régulateur étalon au moyen du chronographe et sa correction déterminée avec exactitude. La figure 7 représente la disposition des circuits et la figure 8 l'inscription chronographique. L'horloge directrice est ensuite remise à l'heure juste en touchant doucement le balancier avec le doigt, afin de la faire avancer ou retarder suivant le cas. A 11 h. 56 m. 45 s., avant midi, tout étant prêt, le transmetteur est mis en circuit et les signaux sont envoyés à toutes les parties de la contrée ; ils sont entendus dans tous les bureaux télégraphiques par où ils passent, y faisant ainsi connaître l'heure exacte. La roue R est en action jusqu'à 11 h. 59 m. 50 s. Ensuite, pour donner l'opportunité de mettre les signaux visuels et les horloges en circuit, l'employé chargé de ce service manœuvre le commutateur C (fig. 4) et aucun autre signal n'est transmis jusqu'à midi juste. A ce moment précis, un signal durant tout une seconde est envoyé. Cette longue émission de courant est nécessaire pour assurer le fonctionnement des

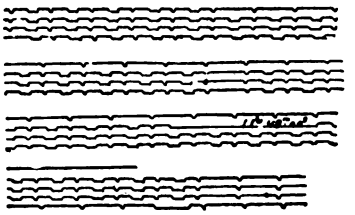


Fig. 8. — Inscription chronographique résultant de la comparaison du régulateur étalon et de l'horloge directrice.

électro-aimants qui déclenchent les signaux visuels ou corrigent les horloges.

Pendant que les signaux sont transmis, l'horloge directrice et le régulateur étalon enregistrent leurs battements sur un chronographe, afin de pouvoir contrôler plus tard, s'il est besoin, l'exactitude du signal transmis.

Aussi, chaque jour, à midi, les horloges des bâtiments officiels sont corrigées, des signaux visuels sont déclenchés à Boston, à Newport, Wood's Hall, New-York, Philadelphie, Baltimore, Washington, Fortress Monroe, Savannah, New-Orléans et Chicago ; les nombreux bureaux de la Western Union Telegraph C° ainsi que plusieurs milliers de kilomètres de chemins de fer reçoivent la même indication.

Toute l'opération est faite automatiquement sauf la manœuvre du commutateur.

Digitized by Google

Un second observatoire situé dans les docks de la marine à Marc-Island, dans la Californie, fournit l'heure aux côtes du Pacifique par le même système.

Ces procédés peuvent recevoir une extension indéfinie, car il serait seulement nécessaire de recourir aux dispositifs ordinaires de relais télégraphiques. Des horloges pourraient être corrigées à San-Francisco par l'observa-

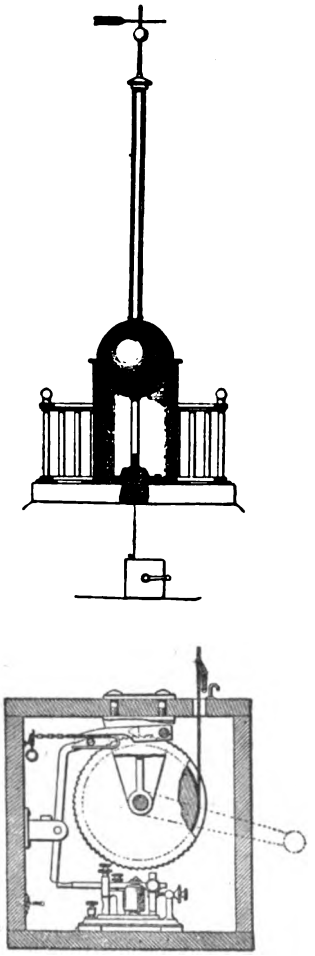


Fig. 9 et 10. — Signaux visuels placés dans les ports.

toire de Washington, et l'erreur due à la durée de transmission serait moindre que 1/5 de seconde. En effet, par la chute d'une balle, la remise à l'heure d'un horloger, le son d'une cloche ou d'un appareil télégraphique ou l'inscription d'un chronographe, le temps peut être déterminé avec autant d'exactitude que si le régulateur étalon était lui-même à chacune des stations où les signaux sont reçus.

Sans la coopération de l'administration des lignes télégraphiques qui est entre les mains de la Compagnie privée, Western Union Telegraph. ce service serait limité à Washington, car il serait trop coûteux d'établir des lignes spéciales pour le service à l'heure. Mais chajour cette compagnie suspend toute transmission de dépêches pendant l'espace de temps (3 minutes) nécessaire à la transmission des signaux et accorde à l'observatoire le libre emploi de tout son réseau. Cela permet au gouvernement de donner l'heure à tous les points ci-dessus nommés.

De plus, sous les auspices du gouvernement espagnol, le même signal est transmis à la Havane. par le câble sous-marin établi entre Key West et la grande île des Antilles.

Les figures 9 et 10 représentent les signaux optiques placés dans les ports et connus sous le nom de « time balls ». Ce sont des grosses boules métalliques dont la chute. provoquée électriquement indique l'heure exacte de midi. Leur fonctionnement se comprend à simple inspection des figures. Chacun peut les voir dans les ports et remettre ainsi sa montre ou son chronomètre à l'heure.

(*A suivre.*) G. PELLISSIER.

SUR LA NATURE DES RAYONS CATHODIQUES

Les récentes et remarquables expériences de M. Philipp Lenard viennent d'attirer de nouveau l'attention des physiciens sur des phénomènes que beaucoup considéraient comme élucidés depuis les ingénieuses expériences de M. Crookes.

Il est presque inutile, dans ce journal, de rappeler que les rayons cathodiques, entrevus par Hittorf, ont été surtout étudiés par M. Crookes qui, le 22 août 1879, au Meeting de Sheffield, de l'Association Britannique, démontrait par de nombreuses expériences la propagation rectiligne de ces rayons et leur

Digitized by Google

déviation par un aimant. On sait aussi que ces expériences conduisirent M. Crookes à admettre que, sous la pression excessivement faible que doit avoir le gaz dans les tubes de décharges, les molécules gazeuses peuvent parcourir des distances comparables aux dimensions des tubes sans éprouver de collisions entre elles et que c'est au mouvement rectiligne de ces molécules et à leurs chocs contre les obstacles s'opposant à ce mouvement que l'on doit attribuer les phénomènes observés.

La facilité avec laquelle cette hypothèse du bombardement moléculaire permet d'expliquer la propagation rectiligne des rayons cathodiques, la phosphorescence, l'échauffement ou le mouvement des corps placés sur leur trajet, enfin leur déviation sous l'influence du champ magnétique, la firent admettre sans restriction par de nombreux savants et non des moindres. Toutefois, principalemet en Allemagne, quelques physiciens refusèrent d'accepter l'explication de Crookes et continuèrent leurs recherches sur ce sujet.

Il y a quelques années Hertz découvrait que les lames métalliques suffisamment minces se laissent traverser par les rayons cathodiques. C'était là un fait important, de nature à ébranler la théorie du bombardement moléculaire et à faire attribuer aux rayons cathodiques une origine éthérée. En poursuivant des recherches, commencées sous la direction de Hertz, M. Lenard a découvert de nouveaux phénomène qui fortifient cette opinion.

Nous n'avons pas ici à décrire les expériences de M. Lenard, la traduction complète des deux Mémoires (1) où l'auteur les a exposées ayant été publiée récemment dans la *Lumière Electrique*. Rappelons-en seulement les principaux résultats.

1° Les feuilles métalliques minces, les pellicules de verre, les bulles de savon, etc., sont traversées par les rayons cathodiques.

2° Ces rayons rendent phosphorescentes un grand nombre de substances et agissent sur les plaques et les papiers photographiques.

3° Dans l'air et les gaz sous la pression atmosphérique, les rayons cathodiques se propagent en se diffusant à la façon d'un rayon lumineux dans un milieu trouble comme le lait; quand on diminue la pression, la diffusion diminue, et, pour une raréfaction suffisante, les rayons se propagent en ligne droite sur un long parcours; cette propagation rectiligne s'observe encore quand la raréfaction est poussée au-delà de la limite qu'on ne doit pas dépasser dans le tube de décharges pour la production des rayons cathodiques.

4° La perméabilité des gaz, c'est-à-dire l'épaisseur de gaz que peuvent traverser les rayons cathodiques, dépend de leur nature et de leur pression. Sous la pression atmosphérique la perméabilité est d'autant plus grande que la densité du gaz est plus petite. Pour un même gaz la perméabilité augmente quand la pression diminue; aux basses pressions la perméabilité paraît être la même pour les différents gaz.

5° La déviation des rayons cathodiques par un aimant est indépendante de la nature et de la pression du gaz dans lequel ils se propagent; elle se produit avec la même intensité dans le vide extrême.

Quelques-uns de ces résultats sont évidemment difficilement explicables dans l'hypothèse de la matière radiante; tels sont la transparence des feuilles minces et la propagation des rayons cathodiques dans un milieu où la raréfaction est portée à son extrême limite. Le cinquième paraît même tout à fait inexplicable par la théorie de Crookes, car si la déviation magnétique est indépendante de la nature du gaz où se propagent les rayons cathodiques, il n'est guère possible de considérer ceux-ci comme résultant d'un mouvement des molécules gazeuses. Aussi M. Lénard en conclut-il que les rayons cathodiques ont leur siège dans l'éther; qu'ils résultent d'oscillations de l'éther de très petites longueurs d'onde.

Nous sommes donc maintenant en présence

(1) *Wied. Ann.* t. LI p. 225; t. LII p. 23. *La Lumière Electrique* t, LII, p. 291 et 537.

Digitized by Google

de deux opinions. D'après l'une, celle de M. Crookes, les rayons cathodiques seraient dûs à un mouvement rectiligne de molécules matérielles; d'après l'autre, celle de M. Lénard, ils seraient dûs à un mouvement oscillatoire des molécules d'éther et seraient par suite une sorte de rayons ultra-violets possédant à un degré exagéré les propriétés que possèdent les rayons ultra-violets du soleil. Laquelle de ces deux opinions si opposées convient-il d'adopter?

Lorsqu'on vient de lire le remarquable travail de M. Lénard on se trouve naturellement porté à partager l'opinion de l'auteur. Cependant il est certain que la transparence des feuilles minces et la propagation des rayons cathodiques dans le vide extrême ne sont pas en contradiction absolue avec la théorie de la matière radiante. On peut, en effet, admettre que les feuilles minces, frappées sur l'une de leurs faces par les molécules matérielles formant les rayons cathodiques, sont capables de communiquer une partie de la force vive qu'elles ont reçue aux molécules gazeuses qui se trouvent au contact de la face opposée. D'un autre côté, on peut dire qu'il existe toujours des molécules matérielles dans le vide le plus extrême que nous puissions produire, et la propagation des rayons cathodiques dans un tel vide se conçoit dès lors. Il n'y a donc guère que les résultals obtenus par M. Lénard dans ses expérience avec un aimant qui permettent de trancher la question.

Or, dans un Mémoire (1) lu au dernier Meeting de l'association Britannique, à Oxford, M. J.-J. Thomson fait remarquer que ces résultats conduisent à attribuer à l'éther une structure que n'a révèlée, jusqu'ici, aucun phénomène optique.

« L'hypothèse de M. Lénard, à laquelle il a été conduit par ses expériences, et d'après laquelle les rayons cathodiques sont des ondulations de l'éther, demande, écrit M. J.-J. Thomsom, à être considérée avec la plus grande attention. Si on l'admet, il s'en suit que l'éther doit avoir une structure ou bien dans le temps ou bien dans l'espace. En effet, ces rayons cathodiques sont déviés par un aimant, ce qui n'a jamais été observé pour la lumière ultra-violette à moins que cette lumière ne se propage dans une substance réfringente. Par conséquent si les rayons cathodiques sont considérés comme des rayons ultra-violets de longueurs d'onde excessivement petites, il doit y avoir dans l'éther soumis à l'action d'un champ magnétique quelque étendue comparable aux longueurs d'onde de ces rayons ou bien quelque intervalle de temps comparable à leurs périodes de vibrations. »

Dans ce même mémoire, M. J. J. Thomson fait observer que si les rayons cathodiques sont dus à des ondulations de l'éther il est probable que leur vitesse de propagation doit être du même ordre de grandeur que celle des rayons lumineux, tandis que s'ils sont dûs à un mouvement des molécules matérielles, leur vitesse de propagation doit être égale à la vitesse que la théorie assigne aux molécules d'un gaz très raréfié soumis à l'action d'une force électromotrice. Il y a donc un grand intérêt à déterminer expérimentalement la vitesse de propagation des rayons cathodiques. C'est ce qu'a fait M. Thomson et il résulte de ses mesures que *cette vitesse est un millier de fois plus petite que celle de la lumière et du même ordre de grandeur que celle que doivent prendre les molécules matérielles électrisées, sous l'action de la différence de potentiel des électrodes.*

Pour mesurer la vitesse de propagation des rayons cathodiques, M. J.-J. Thomson employait un tube de décharges portant à une même extremité l'anode et la cathode, celle-ci étant disposée de manière à ce que les rayons cathodiques qui en émanent rendent phosphorescente une grande partie du tube comprise entre la cathode et l'extrémité opposée. Tout le tube était recouvert de noir de fumée à l'exception de deux bandes rectilignes très étroites, dans le prolongement l'une de l'autre

(1) Publié dans le *Philosophical Magazine*, tome XXXVIII, p. 358; octobre 1894.

Digitized by Google

et situées dans les régions du tube où la phosphorescence présentait le même éclat; l'une d'elles était distante de 15 cm. environ de la cathode, l'autre de 25 cm. A 75 cm. environ de ces deux fentes, était disposé un miroir tournant mis en mouvement par un moteur Gramme. Une lunette permettait de voir les deux fentes par réflexion dans le miroir. Quand celui-ci était en repos les deux images apparaissaient dans le prolongement l'une de l'autre. Au moyen d'un prisme à angle très aigu placé entre l'une des fentes et le miroir on déviait les rayons lumineux émanant de cette fente de manière que les images des extrémités en regard des deux fentes viennent en coïncidence.

On conçoit facilement comment ce dispositif peut permettre de mesurer la vitesse des rayons cathodiques. Si cette vitesse est finie l'illumination de la fente la plus éloignée de la cathode se produira un peu après l'illumination de l'autre. Par conséquent, si le miroir tourne assez rapidement, les rayons lumineux émis par les deux fentes aux instants où elles commencent à devenir phosphorescentes ne rencontreront pas le miroir dans la même position et les images des fentes données par la lunette ne seront plus dans le prolongement l'une de l'autre. De la mesure de leur déplacement relatif on peut en déduire, connaissant la vitesse de rotation du miroir, le temps qui s'écoule entre le commencement de la phosphorescence de l'une des fentes et le commencement de la phosphorescence de l'autre fente. Ce temps correspondant à un espace parcouru par les rayons cathodiques égal à la distance séparant les deux fentes, c'est-à-dire 10 cm environ, on aura la vitesse cherchée en divisant 10 cm par le temps trouvé.

Mais si la méthode est simple en théorie, elle présente dans son application des difficultés que M. J.-J. Thomson a eu quelque peine à surmonter. Dans ses premiers essais il produisait les rayons cathodiques en réunissant, comme à l'ordinaire, les électrodes du tube de décharge aux pôles d'une bobine de Ruhmkorff. Mais dans ces conditions les images données par le miroir tournant manquaient complètement de netteté; elles se séparaient en tronçons et leurs extrémités n'étaient pas bien définies. Il était impossible de reconnaître s'il y avait déplacement relatif de l'une d'elles par rapport à l'autre.

Après avoir vainement essayé plusieurs substances phosphorescentes, parmi lesquelles le verre d'Allemagne ordinaire, le verre d'urane, le cristal, le cyanure de magnésium et de platine, l'asaron, « la couleur brillante » de Schuchardt, M. Thomson eut l'idée de recourir aux courants de Tesla pour la production des rayons cathodiques. Dans ce but les pôles de la bobine d'induction étaient respectivement reliées aux armatures internes de deux bouteilles de Leyde, ayant leurs armatures externes réunies aux extrémités du circuit primaire d'un transformateur plongé dans l'huile. En reliant les extrémités du secondaire aux électrodes d'un tube en verre d'urane, on obtenait une très vive phosphorescence de ce tube et les images des fentes présentaient une extrémité, celle qui correspondait à l'extrémité de chaque fente la plus voisine du tube de décharge, parfaitement nette ; quant à l'autre extrémité des images elle manquait encore de netteté par suite de ce fait que la phosphorescence du verre d'urane dure quelque temps après que les rayons cathodiques ont cessé de le frapper.

Quand on faisait tourner le miroir les extrémités nettes des deux fentes cessaient de se trouver en ligne droite; si le sens de rotation du miroir était tel que les images traversent le champ de la lunette de bas en haut, l'extrémité nette de l'image de la fente phosphorescente la plus proche de la cathode était plus basse que l'extrémité de l'autre image; elle devenait la plus élevée quand on renversait le sens de rotation du miroir. La phosphorescence de la fente la plus rapprochée de la cathode commençait donc quelque temps avant celle de l'autre fente.

Mais il ne faudrait pas se hâter de conclure

Digitized by Google

que ce temps est employé par les rayons cathodiques pour franchir la distance séparant les deux fentes. Rien ne prouve que la phosphorescence du verre d'urane commence à l'instant même où il est frappé par les rayons cathodiques et il pourrait se faire que, quoique frappées au même instant par les rayons, les deux fentes ne deviennent phosphorescentes qu'après des temps inégaux ; ce serait alors la différence de ces temps que mesurerait l'expérience précédente.

Toutefois M. Thomson, ne pense pas qu'il en soit ainsi. La netteté et l'éclat de l'image, donnée par le miroir tournant, de l'extrémité de chaque fente la plus rapprochée de la cathode montrent, en effet, que l'intensité de la phosphorescence atteint son maximum en un temps si petit que le miroir reste sensiblement dans la même position pendant ce temps, ce qui semble indiquer que la phosphorence du verre d'urane commence à l'instant même où les rayons cathodiques le frappent. D'ailleurs si la phosphorescence ne se produisait qu'un certain temps après, ce temps devrait dépendre de l'intensité des rayons cathodiques et, par suite, de l'intensité de la phosphorescence. Par conséquent en courbant le tube de manière que les rayons cathodiques tombent directement sur la fente du tube la plus éloignée de la cathode de façon à ce que cette fente soit la plus phosphorescente, la séparation des images devrait, pour une même vitesse du miroir tournant, être différente de la séparation observée lorsque les fentes ont des phosphorences de même intensité. Or, en faisant l'expérience, M. Thomson a trouvé dans les deux cas des séparations égales des images.

La séparation des images ne pouvant être attribuée à l'existence d'un intervalle de temps entre l'arrivée des rayons en un point et le commencement de la phosphorescence en ce point, elle doit être attribuée à une propagation des rayons cathodiques d'une fente à l'autre. Lorsque le miroir faisait 300 tours par seconde, la séparation des images des deux fentes était égale à celle des images de deux lignes parallèles, distantes de 1,5 millimètre, tracées sur le tube de décharges et vues par réflexion sur le miroir en repos. La distance du mircir au tube de décharges étant de 75 centimètres, on déduit de ces nombres, pour le temps qui sépare les instants où les deux fentes commencent à devenir phosphorescentes,

$$\frac{1,5}{2 \times 750 \times 2\pi \times 300} = \frac{1}{6\pi \times 10^5},$$

et puisque ce temps est employé par les rayons cathodiques pour franchir la distance de 10 centimètres qui sépare les deux fentes, on a pour la vitesse de ces rayons

$$6\pi \times 10^5 \text{ cm/sec.},$$

ou environ

$$1,9 \times 10^7 \text{ cm/sec},$$

Cette vitesse est, ainsi que nous l'avons dit, environ mille fois plus petite que celle de la lumière. Elle est également beaucoup plus petite que celle de la décharge électrique d'une électrode à l'autre dans le tube où se produisent les rayons cathodiques.

M. Thomson a pu vérifier ce dernier point avec le tube même qui lui servait dans les expérience précédentes. Pour cela il soudait une électrode à l'extrémité du tube qui n'en avait pas, faisait jaillir la décharge entre cette électrode et l'une de celles situées à l'autre extrémité et observait, au moyen du miroir tournant, le passage de la décharge devant les fentes. Avec la vitesse de rotation qui, précédemment lui donnait une séparation très nette des images des deux fentes phosphorescentes, il ne put observer aucun déplacement des images des fentes éclairées par la décharge.

Mais d'un autre côté la vitesse de propagation trouvée pour les rayons cathodiques est plus grande que celle qu'assigne aux molécules matérielles la théorie cinétique des gaz, du moins si l'on fait ce calcul pour la température de 0°C. On trouve en effet pour la vitesse moyenne des molécules d'hydrogène

Digitized by Google

à cette température, $1,8 \times 10^5$ centimètres par seconde, vitesse environ cent fois plus petite que celle des rayons cathodiques.

Si l'on calcule la vitesse que doivent prendre des molécules matérielles électrisées sous l'action de la force électromotrice V qui existe entre l'anode et la cathode dans le tube de décharge on trouve un nombre concordant parfaitement avec le résultat expérimental.

En effet, si m est la masse de l'atome d'une molécule lancée par la cathode, e la charge négative atomique, on doit avoir pour la vitesse v que prend la molécule, en écrivant que la demi force vive de l'atome est égale au travail électrique,

$$\frac{1}{2} mv^2 = Ve.$$

Or d'après les phénomènes d'électrolyse on a

$$\frac{e}{m} = 10^4$$

pour l'hydrogène et, d'après les expériences de Warburg, on a $V = 200$ volts ou 2×10^{10} unités absolues. Par conséquent, on a

$$v^2 = 4 \times 10^{14}$$

ou

$$v = 2 \times 10^7 \text{ cm/sec.},$$

valeur qui concorde beaucoup mieux qu'on ne pouvait l'espérer avec le résultat de l'expérience, l'approximation de ce résultat ne dépassant pas 5 p. 100.

En dernier lieu, M. Thomson fait observer que la déviation des rayons cathodiques par un champ magnétique peut s'expliquer, non-seulement qualitativement, mais aussi quantitativement, par l'action du champ sur les molécules matérielles électrisées.

Considérons en effet un atome projeté parallèlement à l'axe d'un tube situé dans un champ magnétique uniforme dont les lignes de force sont perpendiculaires à l'axe du tube. Si H est l'intensité de ce champ, le rayon de courbure ρ de la courbe décrite par l'atome, est donnée par la relation

$$\frac{mv^2}{\rho} = Hev.$$

On en déduit

$$v = \rho H \times 10^4,$$

et pour $v = 2 \times 10^7$ on trouve que le rayon de courbure devient égal à 10 centimètres, quand $H = 200$.

Bien que M. Thomson n'ait fait aucune mesure quantitative de la déviation des rayons cathodiques sous l'influence d'un champ magnétique, le résultat précédent ne lui paraît pas trop élevé, car il a toujours observé que, pour produire une déviation des rayons cathodiques correspondant à un rayon de courbure d'environ 10 centimètres, il faut un champ magnétique puissant.

Les expériences de M. Thomson, loin de vérifier la conséquence relative à la vitesse de propagation des rayons cathodiques qui semble pouvoir être déduite de l'hypothèse de M. Lénard, paraissent donc confirmer les vues de M. Crookes. Faut-il en conclure le rejet de l'hypothèse de M. Lénard?

Ce serait sans doute téméraire dans l'état actuel de la question, car les conditions des expériences de M. Thomson et de celles de M. Lénard sont assez différentes pour que leurs résultats puissent ne pas êtres comparables. M. Thomson étudie les rayons cathodiques dans le tube même où ils se produisent, et où, par suite, ils peuvent être influencés par les phénomènes électriques qui s'y passent; au contraire, M. Lénard les étudie en dehors du tube où ils sont produits et prend toutes les précautions nécessaires pour éliminer l'influence des phénomènes électriques. Les recherches de M. Thomson peuvent en quelque sorte être comparées à des expériences sur le mouvement des molécules matérielles d'une source de radiations, celles de M. Lénard à des expériences sur la propagation des radiations qui en émanent, ces radiations étant pro-

Digitized by Google

tégées contre l'influence possible des mouvements matériels qui leur ont donné naissance. En d'autres termes, il nous semble que comparer les résultats expérimentaux de M. Thomson et de M. Lénard, c'est comparer les résultats de l'étude du mouvement des molécules matérielles dans une source de lumière avec ceux de l'étude de la propagation de la lumière émanée de cette source.

Tout en considérant l'hypothèse de M. Lénard comme très vraisemblable, nous croyons donc qu'avant de se prononcer définitivement sur la nature des rayons cathodiques, dont la genèse même est encore entourée de mystère, il convient d'attendre les résultats de nouvelles expériences.

J. BLONDIN.

UN GOUVERNAIL PROPULSEUR ÉLECTRIQUE

Plusieurs de nos confrères ont déjà parlé des expériences de propulsion électrique lente des bateaux entreprises par la maison J. Farcot sur la demande d'une société d'entrepreneurs dite Société Denèfle et Cie.

Les lecteurs de *L'Éclairage Électrique* pour entendre parler un peu tardivement de ces expériences bien qu'elles ne soient pas encore complètement terminées n'en seront pas moins des mieux renseignés, par la multiplicité des résultats qui lui ont été communiqués.

L'idée d'employer l'électricité à la propulsion des bateaux n'est pas nouvelle et bien que treize ans nous séparent de l'Exposition d'électricité de 1881, à laquelle nous sommes redevables certainement de l impulsion immense qu'ont reçues les applications de l'électricité dans ces dix dernières années, tous les électriciens se souviennent du canot électrique de M. Trouvé qui fonctionnait dans le petit bassin de l'exposition. Un petit moteur actionnait à l'aide d'une chaîne de Galle une hélice placée sur le gouvernail même et l'énergie électrique était fournie par des piles au bichromate de potasse placées au milieu du petit canot.

Le gouvernail propulseur que nous allons décrire est analogue. Les données du problème dont le promoteur est M. Galliot l'ingénieur des Ponts et Chaussées bien connu du monde électrique par ses expériences du touage électrique de Pouilly, étaient toutes particulières Il ne s'agissait plus en effet de faire de la navigation de plaisance c'est-à-dire de la propulsion à une vitesse relativement élevée mais à une vitesse analogue à celle des bateaux remorqués par hommes ou par chevaux, soit à moins d'un mètre par seconde. On choisit un mètre par seconde.

On conçoit que dans ces conditions, la solution était hérissée de difficultés. On n'avait aucun résultat pratique sur les constructions d'hélices destinées à donner une propulsion aussi lente. La petitesse de la vitesse forçait à employer des hélices de vitesse relativement élevée et de pas très faible. Nous verrons plus loin les résultats fournis par l'hélice expérimentée.

Laissant provisoirement de côté plusieurs solutions très ingénieuses de M. Maurice Leblanc, solutions dont nous aurons à reparler dans quelques mois lorsque nous décrirons l'appareil définitif, la maison J. Farcot s'est arrêté pour l'appareil d'essai à une solution très simple, consistant à actionner l'arbre de l'hélice à l'aide d'un moteur à axe vertical, la transmission du mouvement entre les deux arbres se faisant à l'aide d'un engrenage à angle droit. L'énergie électrique fournie au moteur était donnée par une batterie d'accumulateurs placée sur le chaland.

On eût pu mettre la dynamo dans une caisse étanche placée sous l'eau et actionner alors directement l'hélice, mais elle eût été alors à la merci d'un défaut d'étanchéité de la caisse et dans l'impossibilité de surveiller la marche de la dynamo, de plus l'hélice comme on le verra plus loin devant tourner entre 250 et 300 tours et le rapport des vitesses de l'arbre de la machine à axe vertical et de celui de l'hélice étant

Digitized by Google

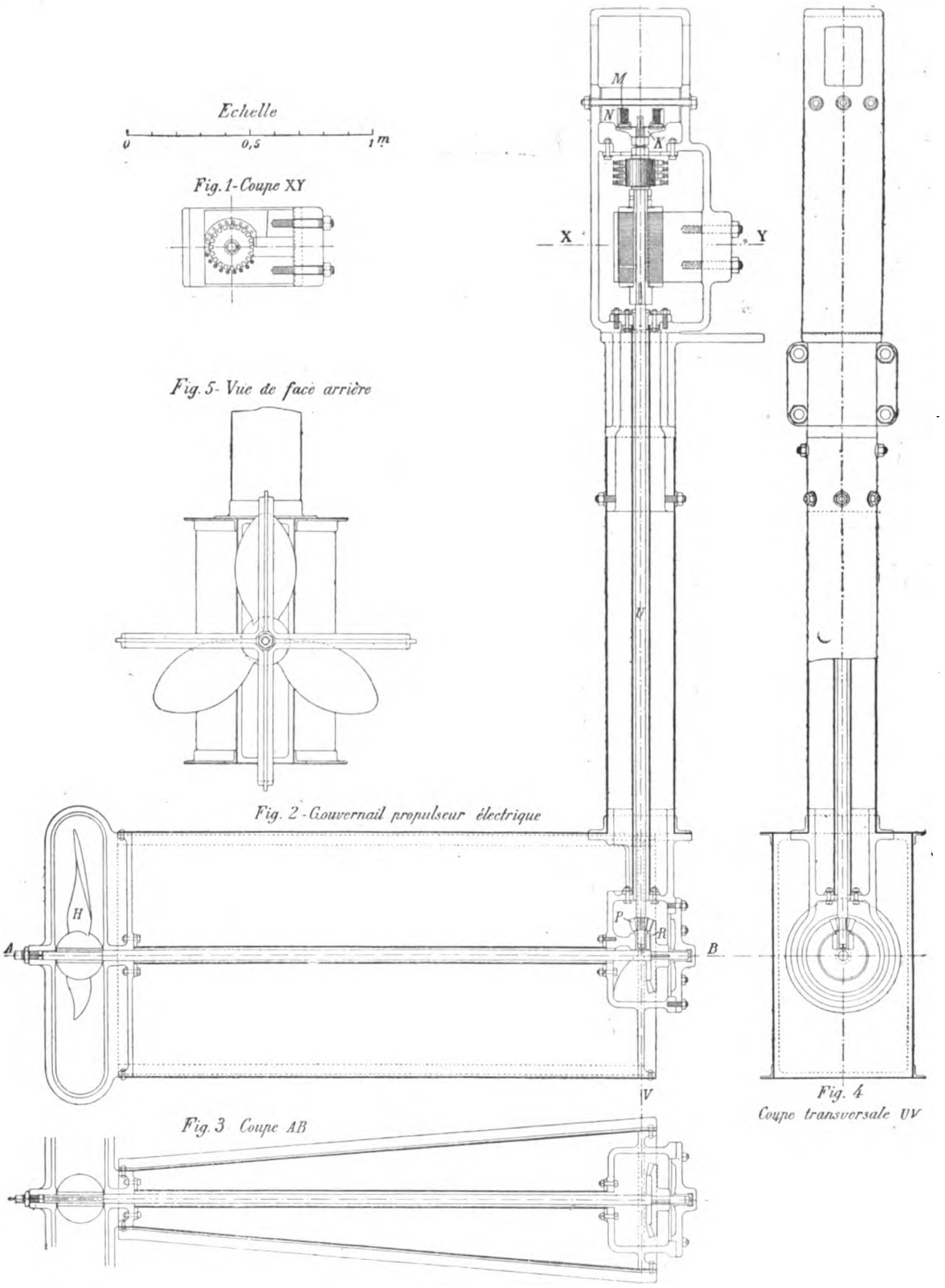


Fig. 1 à 5. — Gouvernail propulseur.

Digitized by Google

d'environ 3, la dynamo eût eu dans le second cas des dimensions beaucoup plus fortes que dans le premier.

Passons à la description de l'appareil.

On a pris comme point de départ du calcul de la puissance, cette donnée de la pratique que 2 chevaux suffisent pour remorquer un chaland à la vitesse de 0^m80.

En comptant cette puissance à raison de 40 kilogrammètres par cheval, utilement transmis au câble de remorquage, on en déduisit qu'il suffisait de construire une hélice d'une puissance propulsive de 80 kilogrammètres, c'est-à-dire donnant à la vitesse de 80 centimètres un effort de propulsion de 100 kilogs. A la vitesse d'un mètre par seconde qu'on voulait obtenir, la puissance effective utile devait être de 125 kilogrammètres.

En comptant pour les rendements les chiffres suivants :

Hélice	Transmission	Electromoteur
0,7	0,9	0,8

le rendement total devait être de 50 o/o.

La puissance électrique à fournir au moteur était donc de 250 kilogrammètres ou d'un peu moins de 4 chevaux. Le moteur fut établi pour une puissance de 4000 watts, à la vitesse de 700 à 800 tours.

La dynamo est représentée en coupe perpendiculaire à l'axe sur la figure 1, et en coupe par l'axe sur le dessin d'ensemble (fig. 2).

C'est comme on le voit, un moteur shunt à induit denté et dont la seule particularité est d'être muni de circuits amortisseurs Hutm et Leblanc formés d'une cage d'écureuil logée dans les pièces polaires et destinées comme nous l'avons déjà expliqué [1] à supprimer les étincelles, toute variation du flux induit, résultant soit de la commutation des sections, soit des variations de charge, produisant dans les circuits amortisseurs un flux sensiblement égal et opposé au premier. Grâce à l'emploi de ces circuits on a pu employer des épanouissements polaires très grands et un faible entrefer dans le but d'augmenter la puissance spécifique du moteur.

Celui-ci est logé dans une caisse formée d'un cadre en fonte et de deux joues facilement déplaçables qui protègent le moteur contre la pluie.

L'axe du moteur porte à sa partie supérieure un plateau K, calé sur lui et tournant devant un électro aimant annulaire qui l'attire et diminue ainsi considérablement le poids apparent de l'appareil.

Ce procédé de suspension magnétique dont la maison J. Farcot a fait depuis plusieurs mois de nombreuses applications, possède l'immense procédé de suspension employé par les ateliers avantage de n'occasionner aucune perte par hysteresis. Nous y reviendrons prochainement.

A sa partie inférieure, l'arbre est prolongé et entouré d'une première enveloppe en tôlerie, et se termine par le pignon P de l'engrenage à angle droit.

Un second tube en tôlerie entoure le premier et constitue l'axe même du gouvernail. Ce tube peut, à l'aide du collier spécial, être adapté à la place du gouvernail ordinaire d'une des « flûtes » quelconques de la Compagnie du Havre-Paris-Lyon.

Le pignon P, et la roue d'angle R, extrémité de l'arbre de l'hélice, sont enfermés dans une boîte cylindrique en fonte remplie d'huile lui arrivant par l'espace ménagé entre l'arbre du moteur et le premier tube l'entourant. L'arbre de l'hélice est également entouré d'un tube de tôle assurant le graissage de ses deux paliers.

Cette boîte est elle-même disposée à l'intérieur d'une caisse C, en tôle, aussi étanche que possible, formant le safran du gouvernail et portant à son extrémité l'hélice H, protégée par des arcades.

Le poids de l'eau déplacée par cette caisse permet de réduire presque complètement le poids apparent du gouvernail et de diminuer les pressions exercées par cet appareil sur son point d'appui.

Les figures 3,4 et 5 représentent des vues et coupes diverses de l'appareil.

(1) *Lumière électrique*, vol. L, page 375, 1893.

Digitized by Google

C'est un gouvernail de cette forme, qui a été substitué au gouvernail ordinaire du bateau « Armançon » de la Compagnie du Havre-Paris-Lyon. Le courant était fourni par une batterie de 24 accumulateurs Laurent, Cély, mis à la disposition des expérimentateurs par la Société pour le travail électrique des métaux.

Le rhéostat de réglage et le commutateur inverseur de mise en marche du moteur sont placés sur la barre même, à portée de la main du batelier.

Grâce à la disposition de l'hélice à l'extrémité du gouvernail électrique, celui-ci occupe le même espace que le précédent, et le chaland peut être logé dans toutes les écluses qui, on le sait, ont juste les dimensions nécessaires pour contenir les bateaux de ce genre.

Dans les premiers essais faits à vide, l'hélice tournant dans l'air, la puissance nécessaire pour atteindre la vitesse de 900 tours était de 910 watts.

Cette puissance à vide n'a pas été mesurée depuis, mais l'abaissement rapide qu'à subi la puissance absorbée par le moteur pour une même vitesse du bateau, montre que la dépense s'est rapidement abaissée au fur et à mesure de la formation des engrenages. Aussi la consommation qui, pour une vitesse de 85 centimètres en canaux était d'environ 3800 watts au début des essais, est-elle tombée à 3200 watts lors des derniers essais pour la même vitesse et la même charge de bateau, soit 180 tonnes.

Les essais ont été commencés sur la Seine et les canaux de Paris à la fin de juillet. Il serait peut-être inopportun de reproduire complètement les résultats obtenus chaque jour, aussi nous nous contenterons de dire qu'on a atteint dans des conditions favorables 1 mètre et même 1m20 par seconde; quant à la vitesse obtenue ordinairement, elle est de 90 centimètres.

Les conditions d'établissement de l'hélice paraissent être la seule cause de l'insuffisance de la vitesse obtenue dans certain cas. Cet organe ayant été construit d'une manière peu satisfaisante présentait un pas graduellement décroissant au lieu d'être constant, de telle sorte que la partie active de la surface hélicoïdale étant près de l'axe de rotation, cette surface doit utiliser l'énergie dans des conditions particulièrement désavantageuses par suite de l'afflux anormal de l'eau vers le centre de l'hélice. Ce sont là des défauts inhérents au premier appareil construit et dont il y aurait mauvaise grâce de rendre responsable le constructeur de l'hélice. Un second appareil à en effet permis d'obtenir le rendement prévu.

Les ingénieurs des Ponts et Chaussées et de la navigation de Paris qui s'intéressent toujours aux idées nouvelles n'ont pas manqué à l'invitation qui leur avait été faite d'honorer de leur présence quelques-uns des essais. M. Maurice Lévy, membre de l'institut, inspecteur général des Ponts et Chaussées, bien connu pour ses études de traction des bateaux sur canaux par câbles télédynamiques, études non encore terminées puisqu'elles vont être continuées dans quelques temps sur le canal de la Marne à l'Aisne, n'a pas ménagé ses félicitations et ses encouragements aux expérimentateurs.

Aux essais officiels qui ont eu lieu les 2 et 3 octobre dernier assistaient un grand nombre d'ingénieurs de l'Etat et civils et quelques membres de la presse scientifique. Tous se sont déclaré très satisfaits du nouveau mode de propulsion.

L'avantage principal de ce système est la facilité avec laquelle s'effectuent les manœuvres, ceci s'explique tout naturellement par la disposition de l'hélice à l'extrémité du gouvernail. Il est ainsi permis de gagner un temps précieux dans les virages et dans le passage des écluses.

En somme les essais ont été très satisfaisants et font le plus grand honneur aux promoteurs et particulièrement à la maison Farcot pour qui le gouvernail propulseur électrique était la première application électrique sortie de ses ateliers.

Il reste quelques mots à dire sur la question

Digitized by Google

exploitation. Il y aura évidemment avantage à supprimer, toutes les fois que ce sera possible, la batterie à accumulateurs en prenant le courant sur une ligne placée le long des canaux. Dans tous les cas l'énergie nécessaire à la charge des accumulateurs ou à l'alimentation de la ligne sera demandée au réservoir d'alimentation du canal.

En résumé, avec la vitesse obtenue de près de 4 kilomètres à l'heure et du temps gagné pendant les manœuvres d'éclusage et de rivage, il est facile avec le nouveau propulseur de doubler la vitesse actuelle de remorquage des chalands et d'atteindre sensiblement un parcours de trente à trente-cinq kilomètres par jour.

De cette façon, le propulseur de la Société Denèfle et Cie, peut lutter avec succès contre la traction animale et notre plus grand désir sera de le voir triompher.

F. GUILBERT.

ELECTROCHIMIE

Première réunion annuelle de la Société électrochimique allemande à Berlin

Cette Société, de création toute récente, et croyons-nous, la première de ce genre, compte aujourd'hui près de trois cents membres. Nous venons de recevoir le compte rendu de sa première réunion de tenue à Berlin au mois d'octobre dernier, sous la présidence de M. W. Ostwald.

Ce compte rendu renfermant des communications d'un grand intérêt, nous présenterons à nos lecteurs un résumé de chacune d'elle.

BIOGRAPHIE DE J. W. RITTER, LE FONDATEUR DE L'ÉLECTROCHIMIE SCIENTIFIQUE PAR W. OSTWALD

M. Ostwald débute par quelques considérations sur la tâche qui incombe au directeur d'un grand laboratoire scientifique, chargé de diriger et avant tout d'inspirer les recherches de ses élèves. Cette mission est d'autant plus difficile, que ses élèves ne sont pas des débutants, mais ont déjà des notions avancées tant de la partie théorique que de la partie expérimentale de la science dont ils s'occupent.

Pour mener à bien une pareille tâche, qui ne peut du reste que tourner à l'honneur de l'établissement auquel ressort le laboratoire, il ne faut pas seulement que le professeur connaisse à fond tout ce que renferme les traités généraux, il faut encore qu'il ait lu par lui-même les mémoires originaux, car ces mémoires renferment souvent, en dehors des vérités qui sont devenues classiques, un grand nombre d'indications que les auteurs eux-mêmes n'ont pas eu toujours le temps de poursuivre ou de développer, et qui, provenant d'esprits éminents conduisent à de nouveaux et vastes champs d'études.

Il cite en première ligne, parmi les mémoires de ce genre, deux travaux qui ont fourni de nombreuses applications à l'électrochimie : celui de J. R. Mayer sur la conservation de l'énergie et celui de Sadi-Carnot sur la chaleur. Il insiste beaucoup sur la valeur de ce dernier travail qui longtemps était resté pour lui, comme pour beaucoup d'autres, enveloppé en quelque sorte de vague et de mystère et dont la véritable signification ne lui a apparu avec ses nombreuses conséquences qu'à la lecture de l'original.

« Toute la grandeur simple de cette pensée, dit-il, s'est révélée à moi d'un seul coup; je vis enfin que ces formules analytiques, restées toujours pour moi lettres mortes, n'étaient que des expressions étroites d'une relation beaucoup plus générale : l'idée qui pour moi avait été comme une forme inanimée, commença à prendre vie, et de nouveaux horizons s'ouvrirent à moi ».

L'auteur a fait la même observation au sujet du savant dont il entreprend la biographie.

Ritter est né en 1776; il avait donc 16 ans en 1792, au moment où la découverte de Galvani mettait tout le monde savant en mouvement. Cette circonstance a exercé probablement une grande influence sur son esprit.

Digitized by Google

Etant d'abord pharmacien et dans un état de fortune assez précaire, il passait successivement à Jena, Gotha et fut élu finalement membre de l'Académie des sciences de Munich ; c'est dans cette dernière ville qu'il est mort en 1810.

Pour des raisons dans le détail desquelles nous ne pouvons pas suivre l'auteur, l'activité scientifique de Ritter est à peu près confinée dans les sept années comprises entre 1797 et 1804,

Un des principaux résultats des travaux de Ritter consiste dans l'assertion que l'échelle des tensions des métaux observée par Volta coïncide avec la série de leurs affinités chimiques pour l'oxygène. Cette constatation sert de base à la compréhension chimique des phénomènes galvaniques ou plutôt voltaïques. Cette découverte a été le commencement de l'électrochimie scientifique. Pour en apprécier toute l'importance, il faut savoir que Volta, non seulement n'a pas vu cette relation, mais que même il n'a jamais voulu la reconnaître.

En dehors de contributions importantes dans la célèbre lutte entre Galvani et Volta, Ritter a publié une série de travaux, que M. Ostwald analyse, mais dont la reproduction nous conduirait trop loin.

EXPÉRIENCES EN VUE D'UTILISER L'ÉNERGIE CHIMIQUE DU CHARBON SOUS FORME D'ÉLECTRICITÉ PAR W. BORCHERS.

On sait que les solutions de protochlorure de cuivre servent, dans les analyses des gaz de combustion, à absorber à la fois l'oxyde de carbone et l'oxygène.

De là à combiner une pile à gaz, comprenant comme électrolyte une solution de chlorure de cuivre et comme gaz l'oxygène de l'air d'une part et de l'oxyde de carbone d'autre part, il n'y avait qu'un pas ; cependant dans les recherches bibliographiques que j'ai faites sur ce sujet je n'ai trouvé aucune indication.

Pour réaliser mon idée j'ai constitué au moyen de vases poreux des éléments sectionnés remplis d'une solution ammonicale ou acide de protochlorure de cuivre et munis de pôles de charbon.

On introduisait de l'air dans l'une des sections de cette pile et de l'oxyde de carbone dans l'autre ; en réunissant les pôles de charbon, on obtenait un faible courant. En ajoutant des morceaux de coke dans les vases, c'est-à-dire en augmentant la surface de contact entre les gaz et le liquide, on augmentait légèrement l'intensité du courant. Ces premiers résultats sans être absolument décourageants ne répondaient cependant pas à mes espérances. Il est évident qu'un appareil à électrodes de platine aurait donné un meilleur

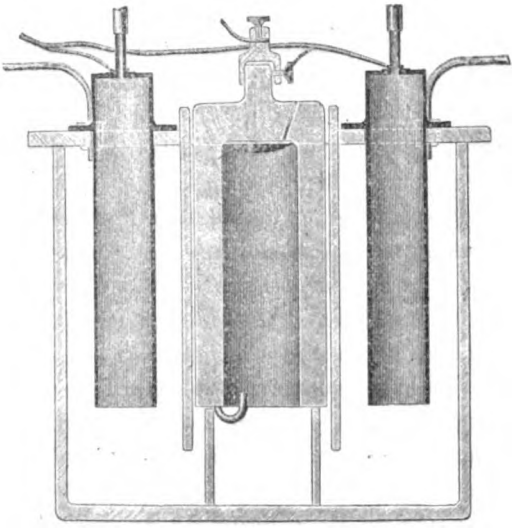


Fig. 1.

résultat mais ayant en vue un appareil d'utilisation courante et bon marché, l'emploi de ces électrodes devait être proscrit.

J'ai pu tourner la difficulté en m'appuyant sur le fait que l'oxyde de carbone précipite du cuivre des solutions des sels d'oxydule de cuivre ; il était donc possible de construire l'anode en cuivre. Pour empêcher la dissolution du cuivre il n'y avait qu'à régler l'absorption dans le compartiment à air par rapport à l'absorption dans le compartiment à oxyde de carbone, de telle manière que l'oxygène absorbée fut juste en quantité suffisante pour absorber l'oxyde de carbone : on pouvait donc construire en cuivre les récipients de l'élé-

Digitized by Google

ment, ces récipients pouvant servir en même temps d'électrodes.

A cet effet je me suis servi de l'appareil (fig. 1). Un vase de verre fut divisé en trois parties, par deux plaques de verre qui ne descendaient pas tout à fait jusqu'au fond. Dans les deux divisions extérieures deux tubes de cuivre étaient suspendus et servaient à introduire l'oxyde de carbone; une cloche en charbon dans le compartiment intermédiaire; dans cette cloche on faisait arriver de l'air. Comme électrolyte on employait des solutions de protochlorure de cuivre. Avant de mettre l'élément en action on pesait les tubes de cuivre, et on empêchait l'arrivée de l'air en mettant des couvercles sur les compartiments à oxyde de carbone. Plus tard, pour la simplicité de l'opération on remplaça l'oxyde de carbone par le gaz d'éclairage qui renferme au moins 5 pour cent de ce dernier gaz. Dans les circonstances normales on n'a jamais constaté d'augmentation de poids des tubes de cuivre. Les solutions acides de protochlorure de cuivre ont donné de meilleurs résultats que les solutions alcalines.

Le tableau I contient les résultats de mesures effectuées avec de l'oxyde de carbone contenant des proportions notables d'acide carbonique, en même temps qu'avec une solution acide de protochlorure de cuivre et de l'air.

TABLEAU I.

Résistance extérieure ohms	Tension volts	Intensité ampères
0,1	0,05	0,5
1	0,20	0,20
3	0,25	0,10
5	0,275	0,060
10	0,300	0,040
20	0,400	0,020
50	0,400	0,008

Pour essayer d'accélérer l'absorption de l'oxyde de carbone j'ai introduit de la tournure de cuivre et des rognures de fer blanc dans les compartiments extérieurs. En me servant d'un mélange de gaz semblable à celui produit par les usines, j'ai réussi à obtenir des courants allant jusqu'à 0,64 ampère lorsque la résistance extérieure était faible; par contre en augmentant la résistance extérieure, on finissait par obtenir une tension constante avec un maximum de 0,56 volt.

Ce résultat, en vérité, n'est pas encore très encourageant, car la réaction théorique $CO+O=CO^2$ à elle seule devrait donner des tensions allant jusqu'à 1,47 volt. Pour pouvoir prendre comme base d'un calcul d'effet utile les nombres relatifs à l'oxyde de carbone contenus dans le tableau I il faut être en mesure de transformer en électricité 27 o/o au moins de l'énergie de ce combustible. Si l'on se sert d'un gaz dont les éléments combustibles contiennent de l'hydrogène et des hydrocarbures, indépendamment de l'oxyde de carbone, l'action paraît être beaucoup plus favorable. Selon qu'on prend pour base de calcul celui de ses éléments combustibles qui a le plus ou moins de valeur le rendement en électricité varie entre 38 et 26 o/o de l'énergie disponible. Si donc dans un appareil relativement incomplet on arrive à transformer en électricité depuis un quart jusqu'au tiers de l'énergie chimique des combustibles, ce premier résultat est déjà satisfaisant.

On sait que les solutions de protochlorure de cuivre dissolvent aussi les hydrocarbures; on sait également que la composition des charbons naturels se rapproche beaucoup de celle des hydrocarbures. Pourquoi produire de l'oxyde de carbone? J'ai remplacé ce gaz dans l'appareil par de la poudre de charbon de terre et j'ai obtenu ainsi des intensités et des tensions qui n'étaient pas beaucoup inférieures à celles obtenues avec le gaz. Dans toutes ces expériences la perte de poids des électrodes de cuivre n'a pas été sensible.

La transformation de charbon en acide carbonique devrait donner une tension de 2 volts environ; or on n'a obtenu dans les circonstances les plus favorables que 0,8 volt, ce qui ne

Digitized by Google

représente guère que 15 o/o de l'énergie totale. Même en agitant le liquide, le courant ne tarde pas à s'affaiblir, ce que l'on n'a pas observé avec l'oxyde de carbone et avec le gaz d'éclairage.

La seule voie par laquelle il me semble qu'on puisse arriver au but, me paraît être la gazéification du charbon avec oxydation con-

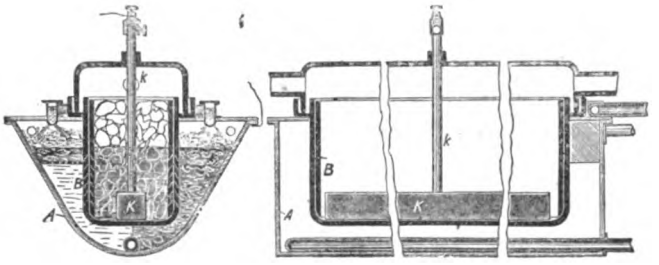


Fig. 2.

sécutive des produits de combustion et de distillation incomplète pour transformer ces produits en gaz.

Voici les appareils que j'ai construits pour tirer le meilleur parti des résultats indiqués.

Les figures 2 et 3 représentent, le premier un appareil pour les combustibles gazeux, l'autre

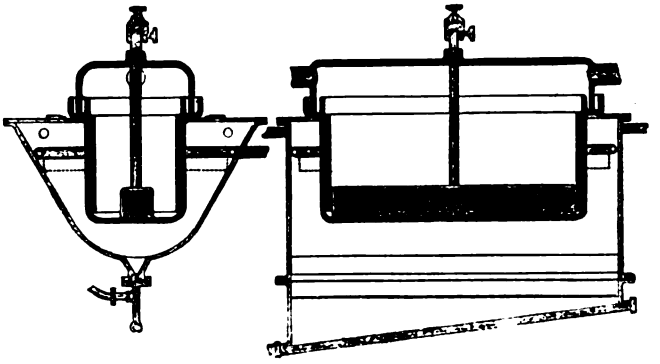


Fig. 3.

pour les combustibles pulvérulents solides. Les deux appareils sont construits en cuivre, les vases sont en grès ou autre substance poreuse. Les récipients en cuivre A reçoivent l'électrolyte et les vases poreux, on a ainsi des éléments à deux compartiments. Le récipient en grès sert d'espace cathodique; il se compose de trois parties : Le récipient proprement dit (une auge longue et étroite), renferme un vase ouvert des deux bouts et le couvercle pourvu de deux tubulures. Les parois latérales du récipient et du vase intérieur sont perforées, on introduit au besoin une masse poreuse quelconque dans l'intervalle entre les deux parois. L'espace cathodique est traversé par de l'air. Pour avoir entre cet air et le liquide une surface de contact aussi grande que possible, on remplit cet espace par du coke ou des morceaux de charbon de cornue. Le courant sort par une plaque de charbon K qui se trouve au fond et par une baguette de charbon *k*, qui passe à travers le couvercle.

Le vase extérieur en cuivre sert à la fois de récipient et d'anode. Quand on emploie des combustibles gazeux, on remplit tout l'espace anodique avec de la tournure de cuivre, de la grenaille, des rognures de fer blanc, etc. Pour économiser du métal, on peut adapter juste au-dessous du niveau du liquide une tôle perforée ou une toile métallique sur laquelle on place les rognures. Les deux dispositions sont représentées figure 2.

L'électrolyte arrive par une entaille pra-

Digitized by Google

tiquée dans le couvercle, il arrose les rognures de cuivre, qui sont pendant ce temps-là au contact avec l'oxyde de carbone. Du fond de l'espace anodique le liquide arrive à un second vase placé plus bas, et peut ainsi traverser une batterie de la grandeur que l'on veut. Une cloison de forme convenable force le gaz à circuler dans les batteries.

Pour se servir de substances solides il suffit de modifier l'espace anodique. Il faut éviter que la poudre de charbon arrive trop vite au repos ; il ne faut pas non plus que des résidus se rassemblent dans l'espace anodique, il faut en outre que le courant du liquide soit ascendant. La vitesse de ce courant doit être réglée de telle sorte que les parcelles de charbon ne se trouvent jamais complètement immergées.

Quelque soit l'état actuel des applications, c'est-à-dire de l'emploi direct de charbon, il est presque certain dès aujourd'hui, que l'on arrivera à effectuer dans une pile à gaz la combustion froide des produits naturels et artificiels de la distillation du charbon ainsi que la combustion froide du gaz résultant de la combustion incomplète de ce même charbon, tel que le gaz naturel, le gaz d'éclairage, le gaz des hauts fournaux, etc., et que ce seront là autant de moyens d'obtenir de l'énergie électrique.

Dans la discussion qui a suivi ce mémoire, M. Ostwald fait observer que dans la pile de M. Borchers on convertit dès à présent 30 o/o de la chaleur en énergie électrique, tandis que les machines à vapeur ne convertissent que 7 à 8 o/o de la chaleur en énergie mécanique.

P.-H. LEDEBOER.

(A suivre.)

LES VOITURES AUTOMOBILES
ÉLECTRIQUES

On sait que le *Petit Journal* avait organisé au mois de juillet dernier un concours de voitures automobiles. La liste des engagements comportait plus de 150 noms et l'on devait voir réunis, dans cette exposition sans précédents, des véhicules de toutes les formes imaginables et employant pour leur progression toutes les énergies motrices possibles ; vapeur, électricité, hydrocarbures, air chaud ou comprimé, gaz liquéfiés, etc. Le programme était superbe, mais il a été loin de se trouver rempli. La lutte s'est trouvée circonscrite entre voitures à vapeur employant le générateur en escargot à production instantanée de M. Serpollet, ou la chaudière à grande vaporisation de Dion-Bouton, et entre véhicules pourvus de moteurs à pétrole Daimler ou Benz. Le concours, bien qu'ayant admirablement réussi, a donc perdu la plus grande partie de son intérêt, par suite de cette absence des véhicules dont l'énumération a été faite plus haut, et les spécialistes et les amateurs qui attendaient cette occasion pour être fixés sur la valeur de ces différents modes de traction n'ont pu être renseignés réellement que sur deux modes différents.

De tous les véhicules inscrits comme devant prendre part à cette épreuve, ceux qui auraient certainement les plus attiré l'attention des curieux et des ingénieurs, devaient être les voitures employant le moteur électrique. Malheureusement, elles ont fait défaut au jour fixé, et bien qu'on ait prétendu que cette abstention était due à des difficultés élevées par la douane pour laisser entrer en France ces voitures qui étaient d'origine étrangère, il paraît bien plus probable que la véritable raison était due à l'appréhension des constructeurs du trajet à parcourir à travers des régions où il n'était guère possible de refaire la provision d'électricité emportée au départ et dépensée en cours de route. Quoi qu'il en soit, il n'en est pas moins intéressant d'examiner, à l'aide des documents que nous avons pu nous procurer aux sources même, c'est-à-dire chez les constructeurs, la valeur de ces inventions et de voir les progrès effectués en moins de quelques années, dans la voie des applications de l'énergie électrique à l'autolocomotion terrestre.

Digitized by Google

A notre humble avis, le véhicule de l'avenir n'est nullement la voiture à moteur à pétrole, à gazoline ou à hydrocarbures divers, car c'est un appareil de luxe, d'un prix presque inabordable aux bourses moyennes, et qui présente trop d'inconvénients pour qu'on puisse le regarder comme l'idéal du genre. Un moteur à hydrocarbures est toujours un mécanisme très compliqué et assez lourd, sujet à des dérangements fréquents et à des réparations coûteuses. Il peut être excellent pour la locomotion sur routes quand il s'agit de mouvoir des voitures à plusieurs places et fort lourdes : ce n'est pas, ce ne peut être le véhicule rêvé pour la circulation dans les rues encombrées d'une ville populeuse. La voiture à pétrole est un objet de luxe ce n'est pas le vrai véhicule du voyageur pressé, roulant pour ses affaires plutôt que pour son plaisir. On ne prendra pas souvent une voiture mécanique pour franchir rapidement 100 kilomètres par les routes; pour ces trajets-là, le chemin de fer existe, et il est certain qu'on le trouvera préférable, en raison de sa commodité, de sa vitesse et de son confort. Mais, en revanche, on prend un fiacre pour faire des courses, des visites, des promenades, des affaires pendant quelques heures, en revenant ensuite à son point de départ, et c'est pour ces besoins, — les plus nombreux, — que la création d'un système de traction automobile s'impose.

On peut reprocher à la machine à vapeur l'ennui que présente l'entretien du foyer, l'alimentation de la chaudière, les dangers mêmes de ce genre de générateurs. Cependant plusieurs solutions assez heureuses ont été données de ce problème; on a créé des chaudières inexplosibles et débitant de la vapeur à assez haute pression pour que les voitures pourvues de ces moteurs puissent atteindre des vitesses fantastiques. C'est le célèbre fondeur de cloches du Mans, M. Bollée qui a créé en 1861 la première locomotive routière vraiment pratique et à grande vitesse, mais l'un des plus plus pratiques véhicules à vapeur existant actuellement est, il faut le reconnaître, celui de Serpolet, dont l'ingénieuse chaudière en serpentin a l'élasticité nécessaire pour parer à tous les besoins de la locomotion routière. Différents autres inventeurs, tels que MM. de Diou et Bouton, Darras, Roger de Montais, Scotte, etc., etc., ont fait connaître d'autres solutions du problème et produit différents modèles de voitures automobiles à vapeur, mais, quelque ingénieux que soient ces appareils, ils présentent encore de bien graves inconvénients.

La voiture à vapeur, en effet, est un véhicule dont l'achat est très coûteux. Son mécanisme est toujours fort compliqué, d'un entretien constant exigeant la présence d'un praticien pouvant réparer immédiatement les avaries et les détraquements pouvant survenir en cours de route; enfin sa chaudière, si économique que soit son système de chauffage, demande des soins particuliers et un aide est nécessaire, à moins qu'on veuille se soumettre à faire soi-même le métier de chauffeur et s'exposer à se salir et à tacher ses vêtements. Toutes ces raisons empêchent actuellement et empêcheront encore longtemps, on peut le prédire sans crainte d'erreur, la locomotion routière par la vapeur de se vulgariser, malgré les réelles qualités de certains systèmes essayés.

***

Il est cependant une force d'une commodité sans pareille pour ce genre de traction, qui permet de répondre aux desiderata de ce mode de circulation; dépense minimum, mécanisme simple et d'un entretien presque nul, conduite simple et commode ne demandant aucune science particulière au voyageur, enfin une force motrice idéale permettant de donner quelque élégance au véhicule actionné. Cette puissance c'est l'électricité, et il est bien évident que c'est sous cette forme que l'énergie est d'un emploi plus agréable, surtout pour une voiture de promenade. Il n'est pas besoin de faire ressortir ses multiples avantages sur la vapeur souvent dangereuse et le pétrole nauséabond; ces avantages supérieurs ont

Digitized by Google

frappé depuis fort longtemps d'ailleurs, l'esprit des chercheurs, et la première voiture électrique date déjà de plus de trente ans.

C'est un Écossais nommé Davidson qui établit cet embryon de tracteur électrique sur voie ferrée, en 1859. Mais on ne disposait à cette époque que de moteurs électromagnétiques à attraction directe, et le résultat fut, comme bien l'on pense, absolument négatif.

Diverses tentatives isolées de locomotion électrique furent recommencées, mais sans grand succès, de 1860 à 1880 dans différents pays, tels que l'Angleterre, l'Allemagne et l'Amérique. Il faut arriver à l'année 1881 pour assister en France à des essais plus sérieux. Voici, d'après l'abbé Moigno la description du modèle expérimenté à cette époque à Paris par l'électricien Trouvé :

« Sur un tricycle à deux roues directrices et une seule grande roue motrice, assez lourd et de construction anglaise, je crois, avaient été placés, au-dessous de l'essieu, deux petits moteurs Trouvé gros comme le poing, qui lui communiquaient le mouvement par l'intermédiaire de deux chaines Vaucanson, agissant sur deux poulies collées sur l'essieu de la grande roue motrice.

« Derrière le siège et prenant un point d'appui sur l'essieu, une caisse en bois blanc à peine ébauchée contenait six éléments secondaires ou accumulateurs d'électricité assez semblables à ceux de M. Gaston Planté qui actionnaient les moteurs.

« Sur le siège, à gauche et sur la poignée du levier du frein, bien à la portée de la main du conducteur, se trouvait un contact électrique qu'il n'avait qu'à toucher pour se mettre en marche ou s'arrêter immédiatement.

« Voilà aussi succinctement que possible, le portrait du tricycle électrique du 8 avril 1881, qui, vu de derrière, ressemblait en petit à la voiture des anciens voyageurs de commerce.

« Il a parcouru à plusieurs reprises la rue de Valois dans toute sa longueur et aussi rapidement qu'une bonne voiture de place. »

Ajoutons que ce tricycle, de construction anglaise, en effet, était très lourd, ayant un poids de 55 kilogrammes. Le poids total du véhicule, avec les piles et la personne qui le montait, s'élevait à 160 kilogrammes, et la force effective produite par les deux moteurs correspondait à 7 kilogrammètres.

Cette expérience, la première en date qui ait bien réussi, détermina M. Trouvé à combiner un appareil amovible, analogue à celui de ses bateaux électriques, qui s'applique facilement à la plupart des tricycles auxquels il imprime des vitesses de 20 à 25 kilomètres à l'heure. Cet appareil est composé du moteur avec ses accessoires et de la batterie automatique de M. Trouvé qui permet de grands parcours si l'on a soin d'emporter et de renouveler le sel excitateur.

En 1884, nous avons pu voir fonctionner chez M. Dupuy, blanchisseur en gros à Caen, un modèle de locomotive électrique, mue par un dynamo recevant le courant d'une batterie d'accumulateurs Faure-Sellon-Volckmar, mais ce véhicule roulant sur une voie ferrée, ne rentre pas absolument dans les conditions du programme, et ce n'est qu'en 1888 que nous trouvons un modèle bien compris de voiture d'agrément recevant son impulsion par un moteur électrique.

Ce modèle, qui présentait l'aspect de la voiture connue en carrosserie sous le nom de *dog-cart,* avait été établi pour le sultan de Turquie par les soins de M Magnus Volk, ingénieur constructeur du tramway électrique de Brighton.

Une batterie d'accumulateurs, dissimulée sous les banquettes, fournissait le courant nécessaire à un moteur Immisch d'un cheval, dont la force était transmise aux roues par une chaîne Galle. Monté par quatre personnes, ce dog-cart pouvait rouler à l'allure moyenne de 8 milles à l'heure. La durée de décharge des accumulateurs étant de 4 à 5 heures, on pouvait donc parcourir 50 à 60 kilomètres sans recharger la batterie.

Nous pourrions rappeler, dans ce rapide exposé historique les recherches faites par

Digitized by Google

M. H. de Graffigny sur ce sujet en 1891 au moyen d'un tricycle mû par une dynamo en série recevant son courant d'une batterie de piles primaires genre Bunsen. On trouve les résultats de ces essais dans la collection de la *Lumière Electrique* (1), où ils ont été mentionnés en détail; je ne m'y arrêterai pas, car cet emploi des piles primaires pour cette application, ne présente plus qu'un intérêt rétrospectif. J'en arriverai donc, sans plus tarder aux systèmes actuellement en circulation, et dont la valeur a été démontrée par une pratique déjà prolongée, comme ceux par exemple de M. Blanche, de Paris; Pouchain, de Lille; Fingargy, de Vienne; Carli de Castelnuovo (Garsaguana, Italie); Garraud et Blumfield, de Londres et enfin Communigs, de Chicago. Le lecteur sera, de cette façon, juge de l'état actuel de la question.

J. Reyval.

(*A suivre.*)

EXTRAITS
DE LA PRESSE INDUSTRIELLE
COMMUNICATIONS

De l'éclairage par lampes à arc dans les espaces fermés, par M. Nerz (2).

Bien que le rendement photogénique d'une lampe à arc soit de beaucoup supérieur à celui d'une lampe à incandescence, la première n'a guère été employée avantageusement jusqu'ici que pour l'éclairage des rues, des places, des intérieurs d'ateliers, des salles de fêtes, en général, partout où il est possible de suspendre le foyer à une certaine hauteur. Dans les locaux peu élevés, on est obligé d'employer l'incandescence et de renoncer à l'arc dont l'éclat trop vif est nuisible à la vue et dont le peu d'étendue comme source lumineuse est cause qu'il se produit des ombres dures et désagréables. Pour tempérer cet éclat trop vif de l'arc, on emploie généralement des globes de verre de composition différente. On a essayé successivement le verre semi-transparent, le verre laiteux et tous les degrés intermédiaires tels que verre albâtre, verre dépoli, verre opalin, etc. L'effet obtenu n'a jamais été satisfaisant; cela tient à ce qu'il n'est pas possible de faire concorder les solutions possibles avec les résultats cherchés. En effet, le verre ne doit absorber qu'une faible partie de la lumière; en même temps, il doit empêcher celle-ci d'arriver directement à l'œil sans être affaiblie, deux conditions qu'il est difficile de concilier. On reproche souvent aussi à l'arc sa couleur, mais à tort, car la couleur de l'arc diffère très peu de celle du soleil.

La lumière du jour et celle de l'arc voltaïque se composent :

1. — De rayons directs provenant d'une source lumineuse sensiblement concentrée en un point (soleil, pointes incandescentes des charbons);

2. — De rayons provenant de la même source, mais n'arrivant à l'œil qu'après avoir été réfractés ou réfléchis.

Nous évitons les rayons directs de la lumière du jour par une disposition convenable des habitations ou par des dispositifs spéciaux adaptés aux fenêtres. Du reste, la plus grande partie de la tâche, c'est-à-dire la répartition de la lumière du jour, est assumée par l'atmosphère qui, en réfléchissant et en réfractant les rayons, les disperse dans toutes les directions.

Dans les lampes à arc employées jusqu'ici, il n'en est plus de même. Cette lumière artificielle est beaucoup trop coûteuse pour que nous puissions nous contenter de la partie diffusée par le milieu qui entoure le foyer, c'est-à-dire le globe de la lampe. Nous ne saurions nous passer des rayons directs, bien que ce soient eux précisément qui frappent nos yeux d'une façon si désagréable et donnent à la lumière de l'arc cette dureté qu'on attribue généralement à tort à sa couleur.

Tous nos efforts pour améliorer ce dernier

(1) Années 1891 n° 45, 1892 n°s 29 et 30.
(2) *Electrotechnische Zeitschrift.*

Digitized by Google

mode d'éclairage doivent donc tendre vers le but suivant : ajouter, en la diminuant le moins possible, la partie de la lumière que nous perdons par l'éblouissement à celle qui nous est renvoyée réfléchie ou réfractée par le milieu environnant l'arc. Pour cela, il faut distinguer l'éclairage à l'air libre de celui des locaux fermés et chercher pour chacun d'eux séparément la solution qui lui convient le mieux. Nous ne nous occuperons ici que de l'éclairage des locaux fermés.

Dans les habitations éclairées jusqu'ici par une ou tout au plus deux lampes à pétrole ou encore par 2 ou 3 becs de gaz, il ne faut guère songer à l'arc voltaïque. L'emploi de ce dernier ne commence à devenir avantageux que lorsqu'on a besoin d'une certaine quantité de lumière ; lors même qu'on ne réaliserait encore aucune économie, on obtient du moins une lumière plus abondante et plus uniformément répandue qu'avec le gaz ou le pétrole. Pour donner un ton plus chaud à la lumière des petites lampes à arc, 2 à 4 ampères employées dans les locaux fermés, il faut en premier lieu chercher à diminuer autant que possible le nombre des rayons directs en augmentant celui des rayons diffus, ce qui peut être obtenu de diverses manières.

1. En rendant le globe environnant l'arc plus opaque ;

2. En augmentant son diamètre ;

3. En ajoutant un nouveau milieu diffuseur.

Employé dans la mesure convenable, le premier moyen n'a pas toujours les inconvénients qu'on lui attribue généralement. Lorsqu'on augmente l'opacité d'un globe opalin semblable à ceux dont on se sert ordinairement aujourd'hui, on diminue par là son degré de transparence, mais on augmente en même temps son pouvoir diffuseur. En mesurant l'intensité dans diverses directions, d'abord avec l'arc nu, ensuite avec l'arc entouré du globe, on remarque avec ce dernier une diminution considérable dans la zone d'intensité maxima, mais en revanche une augmentation dans toutes les autres directions de l'espace. La partie située directement au-dessus du point lumineux reçoit notamment une quantité de lumière beaucoup plus grande (1).

Si les surfaces qui se trouvent au-dessus du foyer sont claires et absorbent peu de lumière, elles renvoient vers le bas les rayons qu'elles reçoivent et concourent ainsi à l'éclairement général ; dans ce cas, l'effet lumineux obtenu avec le globe n'est guère inférieur à celui que donnerait un globe clair tandis que la lumière, étant répartie d'une façon plus uniforme, est beaucoup plus douce et plus agréable.

Au lieu d'augmenter l'opacité du globe opalin, on peut se contenter d'augmenter son diamètre dans la même proportion. On obtient ainsi le même résultat, mais, dans le choix de ce diamètre, on ne saurait dépasser une certaine limite qui nous est imposée par les lois de l'esthétique.

On arrive au but cherché beaucoup plus facilement en interposant entre le globe et le point lumineux, assez près de celui-ci, un second milieu diffuseur de forme convenable. Sur les indications de M. Uppenborn, la Société anonyme d'électricité anciennement Schuckert et C°, dispose dans ses lampes pour intérieurs un petit tronc de cône en verre opalin sous le point lumineux ; le verre employé ne doit pas être trop clair. L'intensité d'éclairement du tronc de cône est telle qu'il apparait comme un corps incandescent sur toute sa surface ; il envoie donc déjà des rayons diffus sur le globe qui achève de répartir la lumière dans le milieu environnant. Il faut encore dans ce cas que les murs et les plafonds soient clairs afin de faire contribuer les rayons qu'ils reçoivent à l'éclairage de la partie inférieure de la pièce.

Tant qu'il s'agit de petits espaces et d'une quantité de lumière relativement faible, ces trois modes de dispersion rendent la lumière de l'arc supportable, mais lorsque les espaces à éclairer atteignent une certaine grandeur ou

(1) C'est sans doute ainsi qu'il faut entendre la « perte par les globes des lampes à arc » dont parlent divers auteurs.

Digitized by Google

lorsqu'il est nécessaire d'obtenir une plus grande intensité d'éclairement, l'emploi de foyers à faible ampérage devient trop dispendieux. Il faut alors avoir recours à des foyers plus puissants pour lesquels les moyens de dispersion indiqués ne suffisent plus.

Nous avons déjà dit que les plafonds et les murs clairs sont très propres à utiliser complètement la lumière; supposons donc que les plafonds soient entièrement blancs et que les murs soient peints en blanc jaunâtre, bleuâtre ou verdâtre. Ces surfaces conviendront parfaitement pour réfléchir sans grande perte la

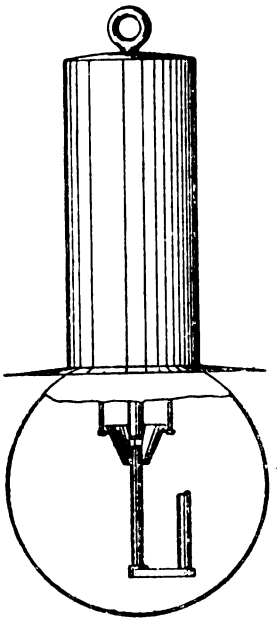


Fig. 1.

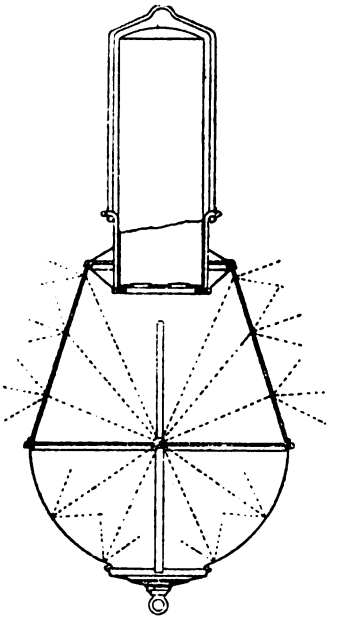


Fig. 2.

lumière d'une lampe à arc; il suffit seulement de trouver un moyen de leur envoyer cette lumière de la façon la plus avantageuse. On a essayé de résoudre ce problème de plusieurs manières; Jaspar est probablement le premier qui l'ait abordé en pratique. Dans ses lampes à arc, il disposa le charbon positif en bas et le charbon négatif en haut; il obtint ainsi de la façon la plus simple et la plus naturelle une projection convenable de la lumière vers le plafond blanc de la pièce à éclairer. L'éclairage était excellent et pourtant on n'entendit bientôt plus parler de ce premier essai d'éclairage indirect. Le cratère positif, tournant sa concavité vers le haut, faisait l'office de cendrier; dès qu'une particule de charbon tombait du crayon négatif dans le cratère, l'arc se mettait à vaciller jusqu'à ce que cette particule fut volatilisée. Cette disposition ne répondait même pas aux faibles exigences des intérieurs de grands ateliers; dans dans les salles de réunion, de cours ou de dessin, il ne fallait donc pas songer à l'employer. Ce n'est que plus tard qu'elle a été reprise. La maison Schuckert et Cie fut une des premières à s'imposer la tâche de mettre en pratique l'éclairage indirect. Suivant l'exemple de Jaspar, elle disposa dans ses lampes le charbon positif à la partie inférieure; les rayons émis vers le plafond tombaient sur des réflecteurs convenables chargés de répartir la lumière d'une façon plus parfaite. Après avoir pourvu plusieurs installations de ces lampes à arc renversé, entre autres celle de l'école industrielle de Nuremberg, elle remarqua bientôt que les charbons fabriqués jusqu'ici ne possèdent pas encore le degré de perfection qu'ils devraient avoir pour donner de bons résultats avec cette disposition. Cependant l'éclairage

Digitized by Google

par arc renversé se montra tellement supérieur à l'éclairage au gaz employé auparavant qu'en raison de ses avantages on n'hésitait pas à l'employer et qu'on prenait en gré les vacillations de l'arc. Afin de simplifier la disposition adoptée primitivement, la maison Schuckert et Cie construisit pour l'éclairage des fabriques des lampes à arc munies de réflecteurs hémisphériques qui renvoient vers le haut les rayons émis dans la direction du sol. Une sorte de lanterne placée par dessus et composée de verres dépolis ou opalins sert à distri-

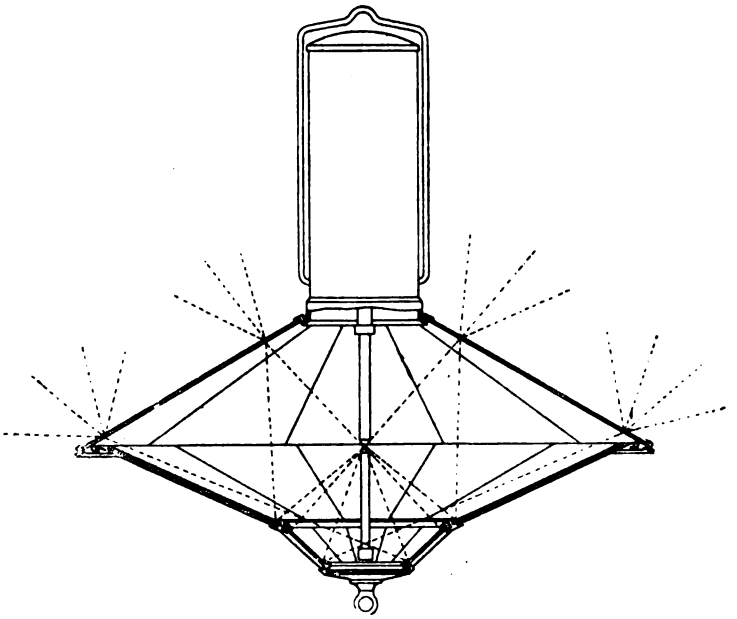


Fig. 3.

buer la lumière d'une façon uniforme. La lampe représentée par la figure 2 est expédiée par la fabrique toute montée, se suspend comme une lampe ordinaire et exige seulement un plafond clair. On renonça à l'emploi de réflecteurs spéciaux comme ceux dont il est parlé ci-dessus, parce qu'en général il est impossible de les construire assez grands pour qu'ils soient vraiment efficaces et parce qu'ils perdent toute valeur dès que plusieurs lampes se trouvent dans le même local, de sorte qu'ils augmentent en pure perte les frais de première installation.

Si l'éclairage par arc renversé avec des lampes comme celles que représente la figure 2 convient parfaitement aux fabriques, il ne répond plus aux exigences des salles de cours et de dessin. Comme nous l'avons déjà fait remarquer, c'est la disposition du charbon positif en bas qui s'y oppose. Aussi la maison Schuckert et Cie, chercha-t-elle à obtenir une solution avec la lampe ordinaire avec charbon positif en dessus. Les recherches qu'elle fit dans cette voie l'amenèrent à construire une sorte de lanterne qui est représentée par la figure 3. Les rayons émis vers le sol par une lampe ordinaire tombent sur deux miroirs assemblés suivant un angle déterminé et formant soit deux troncs de cône creux, soit deux troncs de pyramide à base polygonale dont les faces sont composées d'autant de miroirs plans. Au-dessus du miroir se trouve une lanterne à plusieurs plans fixée au corps de la lampe et composée de verre opalin, dépoli ou ondulé. Les miroirs sont assemblés de telle sorte qu'ils renvoient sur les verres de la lanterne tous les rayons qu'ils reçoivent. Une certaine partie passe directement, mais la plupart sont répartis et diffusés. Les premiers tombent sur le plafond blanc qui les renvoie sur les objets à éclairer, tandis que les seconds tombent en partie immédiatement sur ces ob-

Digitized by Google

jets, le reste étant également diffusé davantage par le plafond. Ce mode d'éclairage a été employé en 1892, à l'école supérieure des Arts de Munich, concurremment avec des installations des principales maisons. Il obtint un tel succès qu'on l'a employé plus tard dans toutes les salles de cours et de dessin. Depuis, il a été souvent employé ailleurs, entre autres à l'école d'application d'Elbing. Lorsqu'il y a lieu de tenir compte surtout de la question d'économie, on couvre la lanterne de verre ondulé ; si au contraire la question d'esthétique prime la précédente, on emploie du verre opalin ou, dans les locaux où il ne se produit pas de poussière, du verre dépoli.

Les avantages de ces lanternes se résument ainsi :

Elles coûtent moins cher que le gaz ou le pétrole lorsqu'il s'agit d'éclairer convenablement un local où plusieurs personnes sont rassemblées, sans parler de l'incomparable avantage de l'arc électrique, qui est de ne pas vicier l'air. L'éclairement est plus uniforme ; les ombres vives et dures sont évitées ; la source lumineuse est complètement cachée aux yeux et ne saurait par conséquent les éblouir. Il résulte de tout cela que la quantité totale de lumière nécessaire est plus faible qu'avec les lampes à arc ordinaires qui fatiguent l'œil tant par leurs rayons directs que par les différences d'éclairement qu'on ne saurait éviter avec elles. Ces lanternes n'exigent donc pas plus d'énergie que les foyers ordinaires.

Les tableaux suivants donnent une idée de l'énergie dépensée par les lanternes polygonales (fig. 3) et les lanternes hémisphériques (fig. 2). Les locaux sont supposés de 3,8 m. de haut dans le tableau A et de 4,4 m. dans le tableau B.

TABLEAU A

Lanternes pour éclairage indirect. — Modèle pour écoles.

Eclairement exigé en bougies-mètres.	Nombre de m² éclairés par une lampe de :						
	7 A	8 A	9 A	10 A	11 A	12 A	13 A
45	35,7	43,2	50,85	59	68.2	76,8	85,8
30	54,6	65,6	78,3	91	103,4	117,6	132,6
22	72	87,2	102,6	119	136,4	153,6	171,6

TABLEAU B

Lanternes pour éclairage indirect. — Modèle pour fabriques.

Eclairement exigé en bougies-mètres.	Nombre de m² éclairés par une lampe :							
	8 A	9 A	10 A	11 A	12 A	13 A	14 A	15 A
30	64	75,6	88	100	112,8	126	140	154
25	76,8	90	105	120	135	152	168	184
20	96	113,4	131	149	169	190	210	231
15	128	151,2	176	200	226	254	280	309
12	160	189	222	252	295	316	350	384
10	192	226	262	299	338	380	420	462
8	230	270	315	360	406	456	504	553

Pour des hauteurs différentes, il y a lieu de modifier les chiffres en proportion de l'espace éclairé.

Il va de soi qu'il n'est pas toujours avantageux, pour un espace qui, d'après le tableau, serait suffisamment éclairé par une lampe d'une certaine intensité, de choisir précisément cette lampe ; à cause de la forme du local, ou pour rendre l'éclairage plus uniforme, il sera même plus d'une fois nécessaire d'employer deux lampes plus petites au lieu d'une seule.

Pour la disposition des lampes dans les salles de cours, il faut avoir soin qu'il ne se produise aucune réflexion gênante sur le tableau noir qui est généralement lisse. Il est bon, lorsque les fenêtres sont placées du côté gauche des élèves de déplacer le point de suspension des lampes de ce côté. Jusqu'ici on s'est bien trouvé du rapport 38 : 62 pour les distances respectives du point de suspension au côté des fenêtres et au côté opposé. Il est bon également de mettre des rideaux blancs aux fenêtres ; on augmente ainsi d'une façon sensible la quantité de lumière venant de gauche.

Lorsque les locaux sont très élevés, l'éclairage par la lumière diffuse n'est plus avantageux, mais dans ce cas, comme le point lumineux peut être placé très haut, on peut employer l'éclairage direct, surtout si l'on tient compte, dans le choix des globes, des exigences d'un éclairage d'intérieur. Aussi serait-il à désirer qu'au moment de faire un projet de bâtiment nouveau, les architectes se missent en rapport avec une maison com-

Digitized by Google

pétente en ce qui concerne la question d'éclairage. Alors on obtiendrait dans la plupart des cas un éciairage meilleur que celui qu'il est possible de réaliser lorsqu'il faut étudier une installation pour l'adapter aux circonstances d'un bâtiment qu'on ne peut plus modifier.

Télégraphie sans ligne métallique, par E. Rathenau (1)

Dans ces dernières années, on a fait en Angleterre des expériences en vue d'établir une communication télégraphique entre deux points non reliés par une ligne métallique.

Les publications sur ce sujet sont très brèves et un peu vagues. La Société générale d'électricité s'étant occupée de cette question au mois d'août de l'année conrante, l'auteur fut chargé de recueillir des renseignements sur la disposition de ces expériences et leurs résultats.

Il s'agit principalement des expériences de M. Preece, et de celles de M. Ch.-A. Stevenson, ingénieur à Edimbourg.

M. Stevenson appliqua l'électricité statique ainsi que les phénomènes d'induction ; il réussit à l'aide d'un câble à charge alternative à créer des différences de potentiel et par suite des courants dans un conducteur perpendiculaire à ce câble ; mais la distance entre les deux conducteurs ne pouvait dépasser 60 mètres.

Dans les expériences basées sur l'induction on a employé des bobines du diamètre de 182 mètres, permettant d'établir une transmission télégraphique sur une distance de 778 mètres, comptée entre les centres des deux bobines.

Au courant de l'année dernière, M. Preece a réussi, en se servant de phénomène d'induction, à télégraphier entre deux côtes parallèles et séparées par une grande distance. Dans ces expériences les plus récentes entre Arran et Kintyre, en Écosse, la ligne primaire était posée le long d'une montagne à l'altitude moyenne de 1000 mètres ; la terre servait de ligne de retour. La longueur de la ligne était de 3,2 kilomètres, et donnait une surface d'induction de 3 200 000 mètres carrés, dimensions qu'il serait difficile d'obtenir dans des conditions moins favorables. Une boucle secondaire semblable était installée parallèlement sur le rivage opposé à quelques kilomètres de distance. La transmission avait lieu par courants intermittents, le récepteur du circuit secondaire était un téléphone.

L'étude des expériences de Preece conduit l'auteur à admettre que les phénomènes d'induction étaient accompagnés de phénomènes de conduction qui devaient jouer le rôle le plus important. Pour cette raison, l'auteur a cherché a appliquer principalement ces derniers phénomènes.

Le moyen le plus pratique pour éviter les effets d'induction consiste à employer un courant continu.

On sait qu'un courant passant dans une grande masse de liquide ne se propage pas seulement en ligne droite entre les électrodes, mais que les filets de courant s'étendent en courbes, comme il est indiqué sur la figure 1. Ces lignes de courants peuvent être décelées au moyen du galvanomètre. Si l'on introduit dans le liquide un conducteur, celui-ci absorbe un certain nombre de filets de courant correspondant à la différence de potentiel entre les points réunis métalliquement. Les courants ainsi captés peuvent être utilisés pour l'actionnement d'instruments de réception.

Sur ces faits sont basées les expériences que nous nous allons décrire. Elles ne comportent pas d'effets d'induction, mais utilisent seulement des phénomènes de conduction, dans lesquels n'interviennent ni surface d'induction, ni la disposition du conducteur primaire. Il est nécessaire et suffisant que le courant soit amené dans le liquide par deux électrodes, et il est évident *a priori* que les deux facteurs principaux déterminant la portée des actions sont : l'intensité du courant et la distance entre les électrodes.

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 8 novembre 1894.

Digitized by Google

Le lieu le plus approprié à ces expériences était le lac Wann (près Berlin), au bord duquel est établie une usine d'électricité.

La figure 1 montre la disposition des expériences. Dans le circuit primaire les désignations sont :

A B batterie d'accumulateurs de 55 éléments;
S U interrupteur de courant actionné par moteur électrique;
W résistance variable de 0 à 24 ohms;
A A ampèremètres;
VM voltmètre;
TT manipulateur télégraphique;

on a déterminé empiriquement la relation entre différentes variables :

1. Entre l'intensité de courant dans le circuit primaire et la distance maxima de transmission;

2. Entre l'écartement des électrodes primaires et la distance de transmission;

3. Entre l'écartement des électrodes secondaires et l'intensité des courants secondaires.

L'influence des dimensions et formes des électrodes a également été examinée.

Au cours des recherches on a rencontré de notables difficultés. On n'avait pu se servir

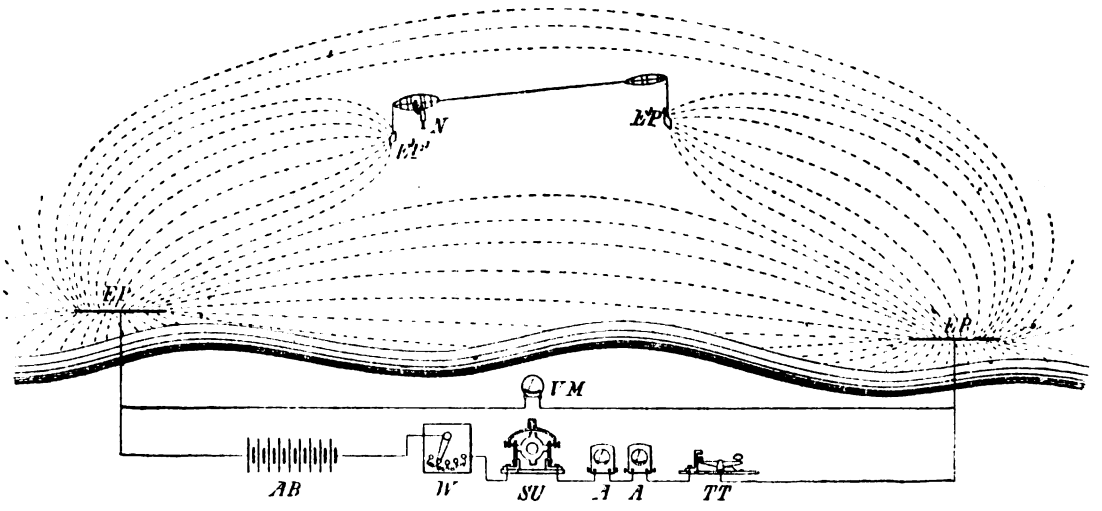


Fig. 1.

E P plaques de zinc mises à la terre et reliées par câbles à la batterie d'accumulateurs.

Dans le circuit secondaire :

E' P' plaques de zinc, plongeant dans l'eau, fixées à deux embarcations distantes entre elles de 50 à 100 mètres; les plaques sont en relation, par l'intermédiaire de câbles, avec deux téléphones récepteurs NN.

Le téléphone convient dans ce cas, parce que tout en étant d'une grande sensibilité, il est très robuste. Il est vrai qu'il faut employer des courants intermittents produisant dans les récepteurs un bourdonnement continu que le manipulateur fait durer plus ou moins longtemps, pour produire les signaux Morse.

Par une série d'expériences préliminaires, d'uue machine à courants alternatifs; l'interrupteur de courant qui la remplaçait ne permettait, à cause des étincelles, d'obtenir qu'un courant d'au plus 3 ampères, et la fréquence des interruptions ne pouvait dépasser 150 par seconde. La résistance de passage entre les plaques et le liquide était très considérable, l'eau ne contenant que peu de sels, et pour obtenir 3 ampères, il fallait donner aux électrodes 15 mètres carrés de surface.

Malgré l'imperfection de ces moyens, il a été possible, avec une distance d'environ 500 mètres entre les électrodes primaires, d'établir une transmission télégraphique très nette entre la station centrale de Wannsee et New-Cladow (voir plan fig. 2). La distance

Digitized by Google

était de 4,5 kilomètres que les conditions locales ne permettaient pas de dépasser, mais la distance maxima de transmission n'était nullement atteinte.

Les signaux se manifestaient dans les téléphones par un léger bourdonnement, facile à percevoir; deux télégraphistes habitués à la lecture au son, purent recevoir très facilement les dépêches émises à terre.

Pour l'application dont il s'agit le téléphone peut être perfectionné à deux points de vue.

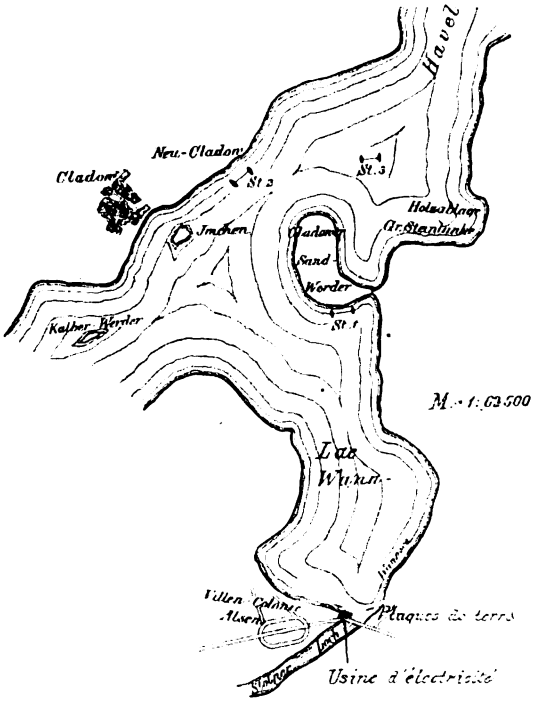


Fig. 2.

Lord Rayleigh a démontré que le téléphone, ou l'oreille, est environ 600 fois plus sensible pour les vibrations de 600 ondes par seconde que pour celles de 130. Dans le cas considéré, la fréquence était de 150. Il faudrait donc employer un téléphone, dont la partie vibrante, sous la forme d'une languette accordée par exemple, possédât une note propre de cette hauteur, condition qui n'est pas remplie dans la disposition usuelle.

On pourrait aussi augmenter le rendement mécanique du téléphone, en faisant concorder la fréquence du courant avec celle propre à la membrane. C'est ce que l'on obtient par l'emploi d'une machine a courants alternatifs de fréquence voulue. Le principe de la résonance entre téléphone et transmetteur est encore avantageux en ce sens, qu'il permettrait la transmission simultanée entre plusieurs stations, sans interférence mutuelle, en accordant chaque téléphone pour une fréquence distincte.

Finalement, il faut remarquer que la résistance du circuit secondaire doit être réduite, soit en agissant sur les bobines des téléphones, soit en intercalant une bobine d'induction, car l'intensité du courant augmente beaucoup plus rapidement que la résistance ne décroît.

Un des problèmes les plus difficiles dans ces essais est celui d l'appel. Il faudrait se servir d'un relais microphonique actionné par la membrane du téléphone; cet appareil est en construction.

Au point de vue pratique, il serait désirable que les signaux Morse transmis puissent être enregistrés. Sur les indications de M. Rubens, on a construit dans ce but un instrument analogue au téléphone optique de Wien, qui permettra probablement de transformer les signaux acoustiques en signaux optiques pouvant être enregistrés photographiquement.

Pour renforcer les effets, et augmenter par conséquent la distance de transmission, on dispose de divers moyens :

1. Augmentation de l'intensité de courant primaire;

2. Augmentation de la distance entre les électrodes primaires;

3. Augmentation de la distance entre les électrodes secondaires;

4. Amélioration de l'effet acoustique par le choix d'une membrane convenable;

5. Amélioration de l'effet mécanique du téléphone en accordant la source de courant avec la membrane.

En appliquant simultanément ces différents procédés, il sera possible d'amplifier considérablement la distance à laquelle on peut télégraphier sans employer de ligne de commu-

Digitized by Google

nication métallique. On parviendrait alors à établir des relations télégraphiques non seulement entre la terre et les navires de passage ou stationnaires (bateaux-phares, vigies), mais aussi entre deux navires, ou de rivage à rivage.

Quantité d'eau nécessaire à la condensation

M. Ch. Compère a fait des expériences sur la quantité d'eau nécessaire à la condensation des machines à vapeur. Il vient d'en présenter les résultats à la Société des ingénieurs civils.

Il résulte de ces travaux que même lorsqu'on ne dispose que de quantités d'eau peu importantes, il est encore économique d'appliquer la condensation.

Les essais ont été faits avec une machine Corbin. Ils ont montré que l'eau d'injection étant à 10°, on peut réduire de moitié la dépense d'eau d'injection en condensant à 40° au lieu de 25°, sans que la consommation de vapeur s'élève beaucoup de 7,4 à 8 kilog. par cheval-heure.

En déterminant la contre-pression effective, M. Compère a observé que le travail résistant de la pompe à air va en augmentant quand on condense plus froid. La température de condensation étant de 15°,8 et la pression au condenseur de 6,2 cm. de mercure, en cherchant à abaisser la température à 15°.7, 15°,5 15°,2, la pression au condenseur est montée à 6,3, 6,6 et 6,7 cm. de mercure.

De plus, la contre-pression effective que crée le travail absorbé par la pompe à air rend nuisible la condensation froide à une température même supérieure à 15°,8. La température de condensation au-dessous de laquelle il ne faut pas descendre, alors même que l'on disposerait d'eau en quantité illimitée, est donnée par l'ordonnée minimum de la courbe des contre-pressions affectives au cylindre, soit 22°,5 dans le cas des expériences où la température de l'eau d'injection était de 10°. Ce minimum doit naturellement varier avec la température de l'eau injectée. Dans tous les cas, en condensant au-dessous de ce minimum on diminue le rendement de la machine et l'on augmente par suite la consommation de vapeur.

En résumé :

1° On peut diminuer de beaucoup la dépense d'eau nécessaire à la condensation sans augmenter sensiblement la consommation de vapeur, ce qui est intéressant lorsque le prix de cette eau est élevé.

Il est bien entendu que les condenseurs à eau régénérée repondent à cette préoccupation de prix, mais ces appareils ne rentraient pas dans le cadre des expériences en question.

2° Lorsqu'on dispose même d'eau en proportion illimitée, si l'on cherche à condenser à une température trop basse, la consommation de la machine se trouve augmentée.

Vaporisation du carbone

M. Moissan continue sa belle série d'expériences à l'aide du four électrique. Ses nouvelles recherches ont pour objet le mode de vaporisation du carbone et les produits de la vaporisation. En chauffant, dans le four électrique, un tube de carbone pur, au moyen d'un courant de 1000 à 1200 ampères et 90 volts, la vapeur de carbone filtre au travers du tube et forme un véritable feutrage.

En chauffant à vide un creuset de carbone pur fermé par un couvercle à frottement doux également en carbone, au bout de dix minutes le petit appareil est transformé en graphite, mais il n'y a pas soudure entre le creuset et le couvercle. Il n'y a donc pas eu trace de fusion.

C'est la conclusion à laquelle on arrive en chauffant de même du charbon de sucre très pur. Les petits fragments sont transformés en graphite, mais l'examen microscopique montre qu'ils sont restés identiques à eux-mêmes. On ne relève pas de trace de soudure et par conséquent de fusion. Le charbou de bois et le

Digitized by Google

charbon de cornue donnent les mêmes résultats. M. Moissan en conclut que le carbone ne passe jamais à l'état liquide.

De même une électrode positive de charbon, terminée par une partie amincie s'adaptant à frottement doux, ne révèle pas de soudure. Avec du carbone impur, il en est autrement. Des traces de bore donnent en effet un borure de carbone qui peut subir la fusion. Le même résultat se produit avec le silicium.

M. Moissan a étudié la vapeur de carbone par condensation sur un corps froid. A cet effet, un tube de cuivre a été logé à l'intérieur du tube de carbone. Ce tube de cuivre se recouvre d'un dépôt de poudre de graphite. La condensation sur un corps chaud s'observe dans le four électrique avec deux électrodes de charbon. L'électrode positive se couvre d'un champignon de carbone de plusieurs grammes. Ce carbone est encore du graphite.

Les lampes à incandescence fournissent une application de ces phénomènes de condensation de la vapeur de carbone. Au bout d'un certain temps le globe de verre se voile par suite d'un dépôt de carbone. Il en est de même lorsque le fil se brûle. En lavant le globe du verre, on a pu recueillir ces dépôts, et constater une fois de plus qu'ils étaient constitués par du graphite. Enfin, M. Moissan conclut qu'à 1200 ou 1300 degrés, le carbone a une tension de vapeur qui peut provoquer la réduction des solides.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES
ET DES
PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Par MM. J. BLONDIN et C. RAVEAU

Sur la propagation des ondes électromagnétiques dans la glace et sur le pouvoir diélectrique de cette substance, par M. R. Blondlot [1].

« Dans une note précédente [2], j'ai énoncé la proposition suivante : La longueur des ondes qu'un oscillateur électromagnétique est susceptible d'émettre reste la même, quelque soit le milieu isolant dans lequel l'expérience est faite : autrement dit, la longueur d'onde dépend des dimensions de l'oscillateur seulement, comme en acoustique, la longueur des ondes émises par un tuyau dépend de la longueur du tuyau seulement.

« Les expériences de vérification décrites dans la note citée on porté sur l'essence de térébenthine et sur l'huile de ricin ; la loi s'est montrée parfaitement exacte pour ces deux corps, et tout porte à croire qu'il en serait de même pour les autres diélectriques.

« Un doute subsistait néanmoins pour l'un d'eux, la glace, à cause des propriétés exceptionnelles qui lui ont été attribuées. Les expériences de M. Bouty assignent, en effet, à la glace un pouvoir diélectrique égal à 78, c'est-à-dire incomparablement plus grand que celui de toutes les autres substances [1]. Soupçonnant que la loi relative à la propagation des ondes pourrait ne pas s'appliquer à un diélectrique si différent des autres, j'entrepris de soumetre la question à l'expérience.

« J'ai profité, pour faire ces recherches, des froids intenses et prolongés de l'hiver 1892-1893 ; M. M. Dufour m'a secondé dans leur exécution, que la rigueur de la température rendait difficile et même pénible ; je le remercie pour son extrême obligeance en cette occasion.

« La méthode que j'ai employée est la suivante, identique, à quelques modifications près, nécessitées par l'état solide du diélectrique, à celle que j'avais employées dans le cas de l'essence de térébenthine et de l'huile de ricin.

« Des ondes électromagnétiques sont transmises le long de deux fils de cuivre étamé, de 2,5 mm. de diamètre, tendus horizontalement et parallèlement l'un à l'autre à la distance de 0,8 mm. Un résonateur de cuivre doré, le même qui m'avait servi dans le cas des liquides, est installé à poste fixe entre les fils ; la por-

(1) *Comptes rendus* t. CXIX p. 595 (8 octobre 1894).

(2) *Comptes rendus*, séance du 25 juillet 1892 ; *La Lumière Electrique*, t XLV p. 295.

(1) *Comptes rendus*, séance du 7 mars 1892.

Digitized by Google

tion des fils de transmission située au-delà du résonateur est contenu dans une auge en bois, de 4 mètres de longueur. L'auge étant vide de liquide, on cherche où il faut placer un pont métallique mobile, joignant les fils au-delà du résonateur, pour faire disparaître l'étincelle : la distance du pont au résonateur est alors le quart de la longueur d'onde propre au résonateur; on repère exactement la position du pont.

« Cela fait, j'entoure la partie du résonateur qui forme condensateur, d'un sac étanche en papier parchemin que je remplis d'eau distillée bouillie, puis je fais geler cette eau : la lame d'air du condensateur est ainsi remplacée par une glace. En mesurant de nouveau la longueur d'onde, on la trouve beaucoup plus grande que dans la première expérience : elle est devenue environ les $\frac{141}{100}$ de ce qu'elle était.

« J'emplis alors l'auge avec de l'eau que je fais geler, puis je cherche de nouveau la position du pont pour laquelle l'étincelle disparaît au résonateur : à cet effet, l'on casse et l'on enlève progressivement la glace à partir de l'extrémité de l'auge la plus éloignée du résonateur, j'ai constaté que cette position est *rigoureusement* la même que dans la première expérience, alors que le diélectrique était partout de l'air.

« L'expérience, répétée quatre fois, en faisant varier chaque fois la capacité du condensateur, a toujours donné le même résultat. La proposition relative à la longueur d'onde est donc vraie pour la glace comme pour les autres diélectriques. Par suite, comme je l'ai montré dans ma note précédemment citée, la relation de Maxwell, d'après laquelle le pouvoir diélectrique est égal au carré de l'indice de réfraction, est également vérifiée dans le cas de la glace pour les ondulations électromagnétiques.

« Les résultats précédents, quelque peu imprévus, m'ont engagé à déterminer la constante diélectrique de la glace, en employant les ondulations électromagnétiques. En fait, l'expérience décrite plus haut me fournissait toutes les données nécessaires pour cette détermination.

« Si, en effet, l'on désigne par λ et λ' les longueurs d'onde correspondant à un résonateur donné, fonctionnant respectivement dans l'air et dans une substance de pouvoir diélectrique K, on a

$$\frac{\lambda'}{\lambda} \sqrt{K}.$$

« Comme je l'ai rapporté plus haut, j'ai trouvé

$$\frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{141}{100}$$

d'où

$$K = 2, \text{ en nombre rond}$$

« L'expérience, répétée une douzaine de fois, a toujours donné le même résultat : j'estime que l'erreur relative ne dépasse pas 1/20, car la lame de glace était presque exempte de bulles d'air. D'après cela, la glace ne présenterait pas de propriétés électriques exceptionnelles.

« Il reste à expliquer comment MM. Bouty et A. Pérot ont trouvé, pour le pouvoir diélectrique de la glace, des valeurs d'un tout autre ordre. En premier lieu, dans la méthode de M. Bouty, la charge et la décharge du condensateur étaient énormément plus lentes que dans mes expériences. N'est-il pas dès lors vraisemblable que les grandeurs physiques mesurées par M. Bouty et par moi étaient en elles-mêmes fort différentes? En tous cas, on sait aujourd'hui trop peu de choses sur les propriétés diélectriques des corps, pour qu'il y ait lieu de s'étonner de la divergence des nombres obtenus par deux méthodes si dissemblables, si grande soit-elle.

« En second lieu, les résultats donnés par M. Pérot (1), qui opérait à l'aide de la méthode que j'ai décrite plus haut, sont erronés, comme il l'a reconnu depuis par suite d'une

(1) *Comptes rendus*, séance du 27 juin 1892.

Digitized by Google

omission importante dans le calcul des expériences (1); en corrigeant cette erreur, les expériences de M. Pérot donnent pour le pouvoir diélectrique de la glace, un nombre voisin de 2, comme les miennes propres. »

Sur le pouvoir diélectrique de la glace, par M. A. Pérot (2).

« J'ai publié, dans la séance du 27 juin 1892, le résultat d'expériences faites pour déterminer, par les oscillations électriques, la constante diélectrique de la glace.

« Dans le calcul de ces expéricnces, que j'avais conduit comme pour le verre, j'ai commis une erreur due à l'existence de la capacité extérieure qui, dans ces expériences, est altérée, le condensateur étant plongé en entier ou en partie dans le diélectrique. M. Blondlot m'ayant signalé la discordance qui existe entre ses résultats et ceux que j'avais obtenus, j'ai repris les calculs et fait de nouvelles expériences dont je donne le résultat ci-dessous :

λ (air)	λ (glace)	$\sqrt{K}$
91	130	1,43
91	133	1,46
136	186	1,37
136	197	1,44
151	215	1,42
149	214	1,44
Moyenne :	$\sqrt{K} = 1,43$,	$K = 2,04$

Sur la mesure des coefficients de self induction, par le Dr A. Tobler (3).

On sait que la méthode imaginée par Maxwell (4) et fondée sur la comparaison des coefficients de self-induction avec une résistance et un condensateur a été l'objet de nombreuses modifications. L'une des plus connues et des plus souvent employées est due à M. Vaschy (5). Elle est représentée schématiquement par la figure 1 où ABDE représente un pont de Wheatstone dont la branche BD est formée de la bobine L dont on veut mesurer la self-induction et d'un rhéostat r shunté sur un condensateur C. Pour faire la mesure on établit l'équilibre de pont pour le régime permanent (condensateur enlevé) ; on rompt brusquement le circuit de la pile, en tenant abaissée la clef K, et on observe l'élongation d_1 du galvanomètre. Ensuite on intercale le condensateur et on répète l'expérience ; on obtient une très faible déviation d_2 (C étant convenablement réglé) les actions de L et de C se retranchant. Le coefficient de self-induction L est alors.

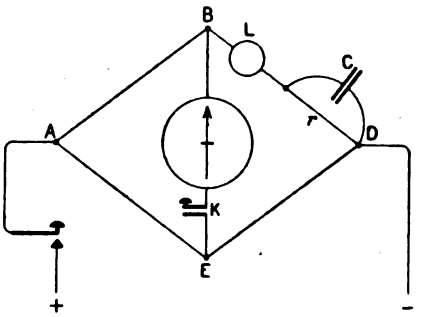


Fig. 1.

$$L = Cr^2\left(1 + \frac{d_2}{d_1 - d_2}\right);$$

r étant exprimé en ohms, C en microfarads, on obtient L en unités pratiques ou henrys en divisant le résultat par 1 000 000.

Une autre modification, qui paraît plus simple que la précédente, a été proposée en 1891 par M. Anderson (1). Mais, d'après M. Tobler, sa simplicité n'est qu'apparente et elle ne peut s'appliquer qu'à la détermination des coefficients de l'ordre de grandeur de 0,1 à 2 ou 3 henrys ; pour des valeurs plus élevées son réglage devient inefficace.

Ayant eu récemment à déterminer les coefficients d'induction d'un certain nombre d'appareils télégraphiques l'auteur a pu constater

(1) Voir plus bas.

(2) *Comptes rendus*, t. CXIX, p. 601; 8 octobre 1894.

(3) *Journal télégraphique de Berne*, t. XVIII, p. 157 160; 25 juin 1894.

(4) *Electricité et Magnétisme*, t. II, p. 778.

(5) VASCHY, *Annales télégraphiques*, t. XIII, p. 520; 1886.

(1) ANDERSON, *Phil. Mag.*, t. XXXI, p. 329; 1891. *La Lumière Electrique*, t. XL, p. 88.

Digitized by Google

que l'un et l'autre de ces deux procédés ont un défaut commun. « L'inconvénient principal de ces deux procédés, dit-il, est le zéro instable (ou la déviation incertaine voisine du zéro) qui se produit quand les décharges de L et de C tendent à se paralyser; c'est surtout en opérant sur des bobines contenant relativement beaucoup de fer qu'on obtient toujours une déviation d'un côté, suivi immédiatement d'un mouvement incertain de l'autre côté. On *prétend* qu'avec un condensateur gradué en millièmes de microfarads il soit possible de détruire ces mouvements de l'aiguille; mais de tels condensateurs d'un prix très élevé ne sont pas entre les mains de tout le monde. »

Pour cette raison M. Tobler préfère le procédé indiqué en 1889 par M. Kempe(1). L'étude approfondie de ce procédé l'a conduit à y apporter quelques perfectionnements qui le rendent très commode.

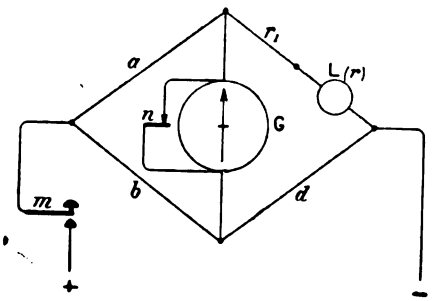


Fig. 2.

La figure 2 représente schématiquement la disposition des appareils. La bobine de résistance r dont on cherche le coefficient de self-induction L est insérée dans le quatrième côté d'un pont de Wheatstone en même temps qu'un rhéostat r_1. En tenant abaissée la clef n du galvanomètre, après avoir établi l'équilibre pour le régime permanent, on ouvre la clef m de la pile et l'on observe la déviation d_1 due à l'extra-courant. Ensuite on enlève la bobine L et on la remplace par un condensateur C shunté par une resistance R, naturellement dépourvue de self-induction; on répète l'essai et on obtient une déviation d_2. De la théorie, très simple d'ailleurs, de la méthode il ressort pour le coefficient cherché

$$L = C R^2 \frac{d_1}{d_2}$$

à la condition toutefois que

$$r_1 + r = r_2 + R,$$

r_2 étant la résistance du rhéostat dans la seconde partie de l'expérience, résistance que l'on fait varier de manière à satisfaire à l'égalité précédente et en outre à rendre les déviations d_1 et d_2 assez peu différentes. Si C est exprimé en microfarads et R en ohms, on obtient L en henrys en divisant par 1 000 000.

Le choix du galvanomètre n'est pas indifférent. Il faut, d'une part, que son amortissement soit assez grand pour permettre d'établir rapidement l'équilibre du pont et, d'autre part que le mouvement du système mobile soit suffisamment lent pour lire les brusques déviations dues à L et à C à moins d'une demi division près. Le type ordinaire du galvanomètre Deprez-d'Arsonval remplit bien la première condition mais non la seconde; il faut se servir du galvanomètre astatique de Thomson ou de Siemens (avec aimants en forme de cloches et amortisseurs en cuivre); l'auteur a choisi ce dernier appareil, son amortissement étant plus efficace que celui du Thomson.

Com me condensateurs on peut se servir des condensateurs dits industriels, de Carpentier, qui joignent à l'avantage d'un prix raisonnable une précision suffisante pour les mesures. La comparaison d'un de ces condensateurs (5 microfarads et demi, divisés en 2, 2, 1, 0,5 microfarads) avec un condensateur étalon de 0,33 microfarads a, en effet, donné les résultats suivants :

Valeur nominale	Valeur réelle
2 *mfds*	2 *mfds*
2 —	1,98 —
1 —	0,99 —
0,5 —	0,51 —

qui montrent que l'approximation moyenne est d'environ 1 pour 100, approximation bien

(1) *Electrical Review*, t. XXIV, p. 410; *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. X, p. 321; *La Lum. Elect.*, t. XXXIV, p. 284.

Digitized by Google

suffisante eu égard aux causes d'erreur multiples (absortion, charge résiduelle, etc.), inhérentes à l'emploi des condensateurs.

L'arrangement complet des appareils est représenté par la figure 3 où

G est un galvanomètre astatique Siemens,

S un shunt à 7 divisions,

B_1 grand pont de Wheatstone à quatre décades (Elliott Bro'),

B_2 pont de Wheatstone petit modèle,

F pont à fil divisé, modèle rond (dit pont à téléphone de Siemens),

K clef à contacts successifs à godets de mercure (modèle Hartmann et Braun),

C_1, C_2 commutateurs.

Le pont B_2 renferme les résistances R (pour le condensateur) et r_1 et r_2.

divisions dans l'expérience. On renverse le commutateur P, on abaisse K, on contrôle de nouveau la balance, on maintient n au contact et on lâche brusquement m. L'extra courant de rupture devrait donner la même élongation d_1, ce que l'on peut presque toujours atteindre.

Ensuite, on bouche 2 dans C_1, afin d'exclure le relai du circuit, on débouche sa résistance, 575 ohms dans la partie uz de B_2 et l'on vérifie de nouveau l'équilibre du pont qui doit encore exister, l'égalité

$$r_1 + r = r_2 + R$$

étant encore satisfaite, sauf une légère variation que l'on corrige au moyen de F. (Il va sans dire que l'on ne touche pas à la résistance

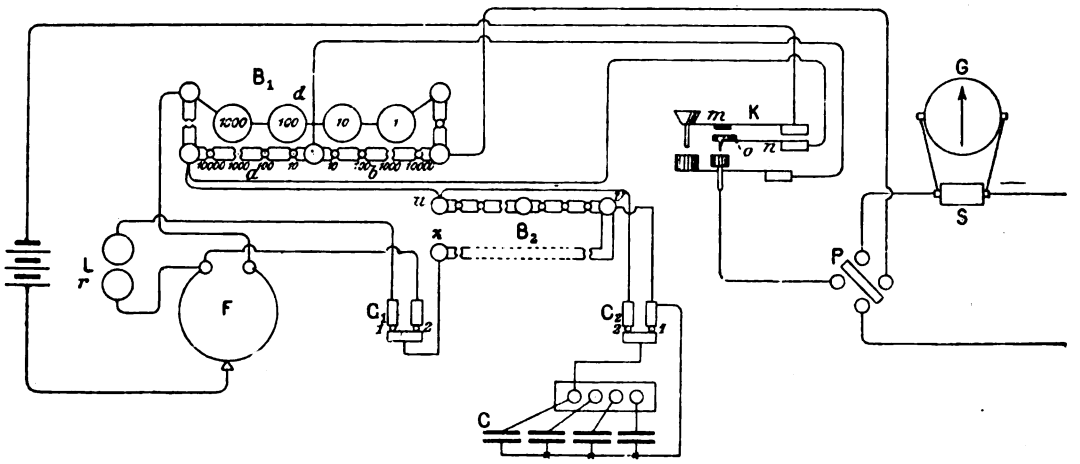


Fig. 3.

A titre d'exemple de la façon d'opérer, l'auteur indique la mesure du coefficient de self-induction d'un relais polarisé de Siemens, dont la résistance (r) est 575 ohms à 17°C.

On débouche 1000 ohms (r_1) dans la partie uv de B_2; en C_1 et C_2 on bouche le trou 1. Le quatrième côté du pont a donc la valeur 1000 + 570, valeur qu'on débouche maintenant dans d du pont B_1 ($a = b =$ 1000); on abaisse K et on perfectionne la balance au moyen du curseur de F. Ensuite on abaisse (au moyen de la petite manette isolante o) la lame n de K et immédiatement après la lame m et on observe l'élongation d_1 due à l'extra-courant de fermeture, laquelle était de 262 débouchée en d de B_1, ni à la valeur de 1000 dans uv de B_2). On introduit le condensateur en bouchant 2 dans C_2 et l'on observe les courants de charge et de décharge comme on l'avait fait pour l'électro L.

En faisant varier la capacité du condensateur ainsi que le nombre des éléments de la pile on peut obtenir plusieurs valeurs du coefficient de self induction cherché. En faisant de cette manière 6 observations successives l'auteur a obtenu des nombres ne différant entre eux que de 2, 4 o/o au plus, résultat amplement suffisant pour la pratique.

L'emploi du mercure dans la clef K et l'inverseur P est de rigueur si l'on veut obtenir

Digitized by Google

des déviations à peu près égales pour la fermeture et la rupture du circuit. On ne doit pas oublier, après l'essai du condensateur, de boucher le trou 1 de C, afin de mettre les armatures en court circuit et de détruire autant que possible la charge résiduelle.

J. B.

Sur la réflexion et la résonance des oscillations électriques de Hertz. Eclaircissement des expériences de Hagenbach-Zehnder, par Kr. Birkeland (1).

1. Dans un mémoire antérieur (2), l'auteur décrivait ses recherches sur la propagation des ondes électriques dans les fils faites à l'aide d'un résonateur formé d'un cadre carré de 70 cm. de côté construit avec un fil de laiton de 4 mm. de diamètre et où se trouvait intercalé un petit condensateur. Un tel cadre possède la propriété importante de conserver, à quelques centièmes près, la même durée d'oscillation et le même coefficient d'amortissement quand on place un téléphone en dérivation sur les armatures du condensateur (fig. 1). En supprimant du champ, par quelques artifices, les changements magnétiques relativement lents, comme ceux qui sont dûs à la bobine, on arrive à ce que le téléphone reste muet, quand les boules du micromètre M sont assez éloignées pour qu'il n'y passe pas d'étincelles, bien que le cadre soit le siège d'oscillations hertziennes très rapides. Quand les étincelles passent, le téléphone rend un son et ce son change complètement de nature quand les boules du micromètre arrivent au contact. L'emploi du téléphone permet donc, sans changer d'une façon appréciable la nature des oscillations du résonateur, de reconnaître par l'oreille la distance micrométrique qui correspond au passage des étincelles ; par suite, il n'est pas nécessaire de faire l'obscurité et les expériences deviennent plus commodes. C'est ce résonateur qu'emploie l'auteur dans les expériences décrites dans son récent mémoire.

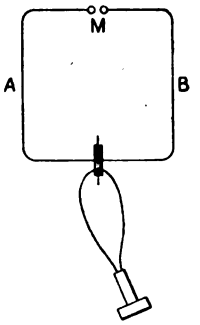


Fig. 1

2. Dans ces expériences le téléphone, au lieu d'être relié directement aux armatures du condensateur, y est relié par l'intermédiaire d'un pont de Wheatstone, comme le représentent les figures 2 et 3.

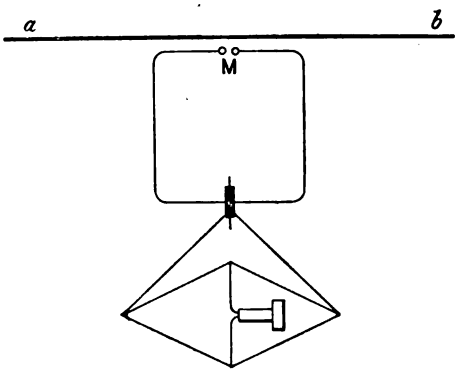


Fig. 2.

Avec la première disposition (fig. 2) le téléphone rend un son quand les boules du micromètre sont assez proches pour que les oscillations, induites dans le cadre par les ondes se propageant dans le fil ab, puissent donner des étincelles ; mais *ce son disparaît complètement quand les résistances du pont sont réglées comme le veut la loi d'Ohm.* Le pont une fois réglé, une petite variation de la résistance des branches fait renaître le son téléphonique. La décharge du condensateur dans le pont *s'effectue donc comme à l'ordinaire.*

Dans la seconde disposition (fig. 3) un nouveau micromètre à étincelles est placé dans la

(1) *Wiedemann's Annalen* t. LII, p. 486-496, 1894.

(2) *Wiedemann's Annalen,* t. XLVII ; p. 463 ; décembre 1892. Les principaux résultats indiqués dans ce Mémoire ont été communiqués à l'Académie des sciences, *Comptes rendus,* t. CXVI, p. 93 ; 16 janvier 1893.

Digitized by Google

diagonale du pont contenant le téléphone ; il est nécessaire, pour que le son téléphonique soit net, que les résistances des quatres branches du pont ne soient pas trop petites par rapport à la résistance du téléphone. Si l'on cherche à équilibrer le pont, on est aussitôt convaincu, dit l'auteur, que la loi d'Ohm n'est pas suffisante pour rendre compte de la répartition des courants qui existent alors dans le pont.

3. Pour expliquer ces phénomènes il suffit, suivant M. Birkeland, d'admettre que la partie principale des oscillations se propage comme d'ordinaire le long du cadre proprement dit et que les oscillations préfèrent, en qualité de courants de déplacement, traverser la lame de mica du condensateur plutôt que de suivre le conducteur téléphonique.

A ce propos il cite l'expérience suivante : Si dans un cadre servant de résonateur on in-

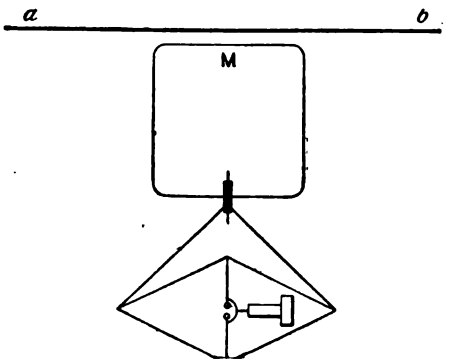


Fig. 3.

tercale, dans la région diamétralement opposée au micromètre, une bobine à spires serrées d'un fil bien isolé, on constate expérimentalement que la durée d'oscillation du résonateur est à peine modifiée. Ceci ne peut s'expliquer que si les oscillations, au lieu de suivre le fil de la bobine, traversent le diélectrique qui isole ce fil.

Quant aux autres phénomènes qu'il a observés dans ses expériences avec la disposition représentée par la figure 1 ou celle représentée par la figure 2, M. Birkeland les explique ainsi :

Quand les boules du micromètre sont suffisamment éloignées pour qu'il ne passe pas d'étincelle, la somme totale des quantités d'électricité mises en mouvement dans les deux moitiés A et B du résonateur (fig. 1) est toujours égale à zéro. Si les boules sont plus rapprochées les étincelles jaillissent jusqu'à ce que, par suite de l'amortissement, les oscillations soient trop affaiblies ; quand les étincelles cessent, l'une des moitiés du résonateur présente un excès d'électricité positive, l'autre un excès d'électricité négative et ces deux excès se compensent à travers le fil téléphonique en produisant un son.

4. Suivant M. Birkeland, les expériences qui viennent d'être décrites et les hypothèses qui ont été faites pour concilier leurs résultats avec la théorie se rattachent intimement aux expériences de MM. Hagenbach et Zehnder (1).

1° Que le flux d'étincelles dans un conducteur secondaire cesse, pour un arrangement donné et dans les limites d'un petit intervalle de temps, après la p^e demi-oscillation, p étant un nombre qui vraisemblablement, est petit pour le résonateur employé par MM. Hagenbach et Zehnder.

2° que p dépend de la longueur des étincelles ; de sorte que, par une diminution convenable de cette longueur, les autres quantités demeurant égales, on peut arriver à ce que le flux cesse seulement après la $p + 1^e$ étincelle.

5. L'auteur cherche ensuite à réfuter en quelques mots les vues de M. Zehnder sur la résonnance (2).

Après avoir cité le passage du mémoire de M. Zehnder, relatif à la résonnance, passage dont nous avons donné récemment une traduction presque littérale (page 37, colonne 2) M. Birkeland ajoute :

Si la « première force électromotrice » qui « atteint » le conducteur secondaire est suffisante pour faire jaillir une étincelle, pourquoi

(1) *Wied. Ann.*, t. XLIII, p. 610. *La Lum. Élect.*, t. XLI, p. 519.

(2) *Wied. Ann.* t XLIX, p. 724 ; 1893 — *L'Éclairage Electrique*, t. I, p. 35.

Digitized by Google

la distance explosive augmente-t-elle quand les longueurs du secondaire satisfont à certaines conditions, conditions qui, dans le raisonnement de M. Zehnder, n'interviennent que plus tard ?

Si les hypothèses faites par M. Zehnder étaient exactes, on pourrait écarter les boules micrométriques d'un résonateur *après que la première étincelle a jailli, mais avant que la série des décharges partielles de l'excitateur aient cessé d'exercer leur influence*, ce qui, naturellement, est impossible.

6. On sait que les expériences d'interférence entre les ondes électriques directes et les ondes réfléchies sur un miroir montrent que la distance entre deux nœuds consécutifs augmente à partir du troisième ou du quatrième nœud, et qu'en même temps la position des nœuds devient moins nette. Comme nous l'avons vu, M. Zehnder a tenté d'expliquer ces particularités par ses décharges partielles de même sens. M. Birkeland trouve inutile l'introduction de l'hypothèse de M. Zehnder.

Il rappelle que dans ses expériences de 1891 sur la propagation des ondes dans les fils métalliques il a également observé une augmentation de la distance de deux maxima et la disparition des minima à mesure qu'on s'éloigne de l'extrémité du fil où les ondes se réfléchissent, phénomènes par conséquent analogues à ceux que M. Zehnder veut expliquer. Or, M. Birkeland a pu s'en rendre compte par cette simple remarque que les résonateurs à étincelles ne donnent que des indications relatives à la plus grande force électromotrice qui agit sur eux.

D'après cette remarque, quand des séries d'ondes se succèdent le long d'un fil, la longueur maximum des étincelles d'un résonateur doit correspondre à l'onde de chaque série donc l'amplitude est maximum. S'il n'y avait pas reflexion des ondes à l'extrémité du fil, on trouverait en tous point de ce fil une même longueur d'étincelles, si toutefois on néglige la perte d'énergie par radiation, et on aurait une ligne droite pour représentation graphique des résultats. Mais s'il y a réflexion, la loi de variation de la force électromotrice maximum le long du fil devient complexe à cause de la différence d'amplitude des ondes qui se succèdent. En un point du fil l'onde d'amplitude maximum passe à certain instant; l'onde réfléchit à un instant postérieur. Si le maximum de la force électromotrice se produit entre ces deux instants il est dû à l'onde incidente seule et l'indication du résonateur est la même que s'll n'y avait pas réflexion. Si au contraire il se produit après le passage de l'onde réfléchie et résulte d'une interférence et l'indication du résonateur n'est plus la même. On s'explique donc que la représentation graphique des résultats soit une ligne formée de parties courbes et de parties rectilignes, ces dernières occupant la place des minima que l'on devrait observer.

7. En dernier lieu, M. Birkeland applique les considérations qui précèdent à la disposition expérimentale employée par MM. Sarasin et de la Rive dans laquelle un résonateur est placé verticalement entre deux fils parallèles où circulent les ondes. Si les fils étaient illimités les indications du résonateur doivent être les mêmes tout le long du fil, si toutefois on néglige la déperdition de l'énergie par rayonnement. S'ils sont limités les indications doivent encore rester les mêmes pour les points assez distants des extrémités des fils pour que l'onde réfléchie n'ait pas eu le temps de revenir au point considéré au moment où le maximum de force électromotrice s'y produit.

M. Birkeland ajoute que de nouvelles expériences donnant un graphique représentant la variation de la force électromotrice maximum le long des fils seraient nécessaires pour contrôler cette conclusion, cependant il est déjà convaincu que dans les expériences de MM. Sarazin et de la Rive le quatrième et peut-être aussi le cinquième nœud montrent un aplatissement conforme à son assertion. Il pense que de nouvelles recherches dans cette voie permettraient de reconnaître si c'est la première oscillation, ou si, comme le montre théorique-

Digitized by Google

ment M. Bjerkness, c'est une des oscillations suivantes qui présente l'amplitude maximum, et pourraient peut-être permettre de déterminer le nombre des oscillations qui se produisent avant celle d'amplitude maximum.

J. B.

Recherches nouvelles sur l'arc électrique par J. Sahulka (1).

L'arc électrique produit par un courant alternatif entre deux électrodes de nature différente est le siège d'une force électromotrice de direction constante; au milieu du courant principal circule un courant continu. Si on produit l'arc électrique entre une électrode fer et une électrode de charbon, il se produit entre ces électrodes une différence de potentiel de direction constante de 27, 5 à 30 volts; le courant uniforme circulant dans le courant de l'arc à une intensité variant de 2, 5 à 7 ampères. Si entre l'une des électrodes et l'arc on place un conducteur secondaire, la distribution du potentiel dans l'arc est considérablement modifiée; il en est ainsi même quand la résistance intercalée s'élève à 1000 ohms. La résistance des bobines du galvanomètre a par conséquent une influence sur les mesures.

Si, au moyen d'un courant alternatif, on produit un arc entre des électrodes de même nature il se développe une différence de potentiel entre l'arc et chaque électrode; lorsqu'on emploie des électrodes de charbon cette différence de potentiel s'élève à 1 volt. Si l'on introduit entre une électrode et l'arc une résistance, par exemple 1000 ohms, la différence de potentiel entre l'électrode et l'arc augmente, quand la baguette introduite dans l'arc n'arrive pas jusqu'au centre de l'arc. La résistance du galvanomètre a par conséquent encore une influence sur les résultats des mesures.

Pour un arc engendré entre deux électrodes de charbon par un courant continu on observe également ces mêmes différences de potentiel par l'emploi d'un galvanomètre à miroir dans le circuit duquel on intercale de grandes résistances ou d'un galvanomètre très résistant. Si la baguette introduite dans l'arc ne pénètre pas dans l'arc proprement dit mais seulement dans l'auréole qui l'entoure, on obtient d'autres valeurs des différences de potentiel; ces phénomènes s'expliquent facilement si l'on admet que l'auréole possède une résistance considérable.

J. B.

(1) *Wiener Berichte*, 12 juillet 1894.

Sur le degré d'incandescence des lampes, par A. Crova.

L'auteur vient de communiquer à ce sujet à l'Académie des sciences une intéressante étude que nous reproduisons.

La détermination du degré d'incandescence des lampes peut être faite rigoureusement au moyen d'un spectrophotomètre; pratiquement, on l'obtient avec une précision suffisante par la méthode que l'auteur a proposée et qui a été recommandée par le Congrès des Electriciens en 1889 (1).

On détermine l'intensité lumineuse par rapport à la carcel, en interposant devant l'œil une cuve contenant le mélange de chlorure de nickel et de perchlorure de fer, dans des proportions qui laissent passer une partie des radiations comprises entre les longueurs d'onde 630. 534 avec un maximum bien accusé à 582; une seconde détermination est faite en plaçant devant l'œil un verre rouge qui transmet les radiations comprises entre l'extrémité rouge du spectre et le voisinage de la raie D; la première détermination donne la valeur en carcels de la source étudiée; le rapport de la première à la seconde donne le degré d'incandescence.

M. Crova a montré (2) que, si l'on compare

(1) *Compte rendu des travaux du Congrès international des Electriciens en 1889*, p. 210; on y trouvera la composition de la solution 582.

(2) *Comparaisons photométriques des sources lumineuses de teintes différentes.* (*Comptes rendus*, t. XCIII, p. 512).

Digitized by Google

deux lumières de teintes différentes, les intensités totales sont dans le même rapport que les intensités mesurées dans la région du spectre, dont la longueur d'onde est de 582; aussi est-il très commode et très précis de faire les déterminations photométriques au moyen de la cuve 582; en effet, les deux sources à comparer n'ont pas en général, les mêmes teintes et, la solution 582 les rendant identiques, la détermination est plus précise le champ d'un carcel à 1 *m* est trop intense et l'interposition de la cuve l'affaiblit de manière à mettre très nettement en relief les moindres différences des deux plages lumineuses de l'écran photométrique (1).

L'emploi des lampes électriques et des becs intensifs se généralisant de plus en plus, l'application de la méthode proposée par M. Crova permet de rechercher facilement les conditions de régime dès lampes qui donnent le rendement le plus avantageux.

Quelques exemples montreront l'utilité de ces déterminations :

Pour une lampe à arc, le degré d'incandescence a varié de 1,5, à 1,7, le travail électrique absorbé étant respectivement de 1,509 à 1,760 watts.

Pour une lampe à incandescence de seize bougies, ce degré a varié de 1,05 à 1,23 selon que la lampe était plus ou moins poussée.

Pour une lampe Bourbouze à corbeille de platine, le degré d'incandescence, inférieur à l'unité pour de faibles débits, augmente avec la consommation de gaz et d'air comprimé, et atteint, pour un régime suffisant, le degré d'incandescence = 1 qui est celui de la carcel.

L'étude de la puissance photométrique, du degré d'incandescence et de la consommation en gaz de l'éclairage d'un bec Auer donne les résultats suivants, pris dans un nombre considérable de déterminations :

Intensités lumineuses.....	4,42 *car.*	5,23 *car.*	5,35 *car.*
Degrés d'incandescence....	1,30	1,41	1,47
Consommation du gaz à l'heure	93 *l*	105 *l*	102 *l*
Consommation par carcel...	21	20	19

On voit que la puissance photométrique augmente avec le degré d'incandescence, ce qui est conforme aux principes de l'émission des radiations par les corps incandescents.

La consommation de gaz par heure augmentant, le degré d'incandescence, faible au début, augmente d'une manière continue, ainsi que la puissance photométrique, jusqu'à une certaine limite, au-delà de laquelle une partie de plus en plus considérable de gaz brûle inutilement, sans concourir à l'échauffement du tissu de terres réfractaires qui constitue la mèche de ce bec; il est donc avantageux de pousser le bec Auer jusqu'au degré d'incandescence qu'il ne peut plus dépasser, quelle que soit la consommation du gaz de l'éclairage.

Des études analogues peuvent être faites sur les divers systèmes de becs intensifs, et donner des indications précises sur le meilleur régime à leur donner.

Il en est tout autrement pour le gaz de l'éclairage brûlant dans un bec Bengel ordinaire :

En effet, dans le bec Auer et les becs similaires, la quantité de matière réfractaire contenue dans la lampe est constante, et le rendement maximum correspond à la température la plus élevée qu'elle peut atteindre dans un bec Bunsen. Dans le bec Bengel, au contraire, une partie du gaz brûlée extérieurement et intérieurement à la masse cylindrique de gaz qui s'échappe par la couronne de trous, sans dépôt de carbone, avec production d'une flamme bleuâtre, négligeable au point de vue photométrique : la haute température produite par cette combustion sans lumière utile porte à l'incandescence les molécules de carbone dissociées des carbures d'hydrogène contenues

(1) M. Pellin a construit, sur les indications de M. Crova, une glissière s'adaptant à tous les photomètres, au moyen de laquelle ces déterminations se font très commodément.

Digitized by Google

dans la masse de gaz comprise entre les deux surfaces de combustion, et qui sont la véritable source de lumière, comme le montre l'étude photographique faite par M. Crova (1).

La quantité de carbone incandescent qui émet la lumière est une fraction du carbone total contenu dans le gaz en combustion, d'autant plus petite que la flamme est plus basse ; si celle-ci atteint des dimensions suffisamment faibles, tout le gaz brûle bleu, sans produire de lumière utile.

Le débit du bec augmentant, la quantité relative de carbone dissocié augmente ; le degré d'incandescence diminue légèrement, et le rendement lumineux augmente rapidement jusqu'à un maximum qui correspond au moment où la flamme devient fuligineuse.

On obtient un résultat analogue avec l'étalon Carcel dont on fait varier le débit en élevant plus ou moins la mèche.

Avec un bec Bengel, M. Crova a obtenu les résultats suivants :

Intensités lumineuses. carcel	Consommation de gaz à l'heure	par carcel
0,2	56 *l*	280 *l*
0.4	78	195
0,6	95	158
0,8	108	135
1,0	120	120
1,2	131	109

Au délà de 131 *l* à l'heure la flamme devient fuligineuse.

Il résulte des considérations précédentes :

1° Qu'en faisant croître, dans un même bec à hydrocarbures, la quantité de combustible brûlé par heure, le rendement lumineux augmente, mais le degré d'incandescence diminue légèrement, jusqu'à un rendement maximum qu'on ne doit pas dépasser.

2° Que, pour les lampes dans lesquelles la substance réfractaire portée à l'incandescence a une valeur fixe et indépendante de la consommation du combustible, le maximum de rendement correspond à la quantité minimum de combustible que l'on doit brûler pour obtenir le degré d'incandescence maximum.

(1) *Etude photométrique de quelques sources lumineuses* (*Comptes rendus*, t. LXVI, p. 1343).

BIBLIOGRAPHIE

Petit dictionnaire pratique de mécanique et d'électricité ; par Charles Barbat. — E. Bernard et Cie, éditeurs, Paris 1894.

Nous passerons sous silence la première partie de cet ouvrage pour ne considérer que la partie qui doit intéresser plus spécialement les lecteurs de ce journal.

A notre avis, ce dictionnaire paraît écrit par un de ces auteurs qui supposent, par exemple, qu'en électricité, tout se borne à la seule loi de Ohm, dont ils confondent d'ailleurs très volontiers les différents facteurs, et pour qui le plus souvent, le principe de la conservation de l'énergie est lettre morte.

On doit, d'après ce qui précède, s'attendre à recueillir dans le traité en question une collection imposante de perles dignes d'être collectionnées : et il est de fait que nous aurions trop à faire de les reproduire ici; aussi nous bornerons-nous à une des plus caractéristiques.

« Le voltamètre est un instrument pour la mesure électrochimique des courants. Le voltamètre donne directement la valeur en volts de la différence de potentiel des points entre lesquels il est placé.

On conçoit qu'en l'état, M. Barbat ne se soit avancé qu'avec circonspection, dans le domaine épineux des courants alternatifs; on ne pourrait pas supposer toutefois, que dans un dictionnaire général d'électricité il n'ait pas dit un mot de la partie peut-être la plus importante de notre science. Cela est cependant : ou tout au moins, les courants alternatifs ne sont représentés que par la description du transformateur Patin, qui, comble de malchance, est présenté comme transformateur à courcourant continu!

Nous nous arrêtons là.

G. C.

Digitized by Google

CHRONIQUE

Chaque mois nous apporte une innovation dans l'exploitation des tramways électriques en Amérique. L'invention de la voiture de police ou electric patrol-car est déjà de l'histoire ancienne; cette fois, il s'agit du transport du lait en voitures spéciales de Newburgh (Etat de New-York), aux environs.

Quant à la concurrence que se font les différentes lignes on en pourra juger par le fait qu'une Compagnie de Savannah (Georgia) vient d'inaugurer des billets donnant droit à deux passages pour un cent (0 fr 05). Paris verra-t-il jamais cet âge d'or?

Dans une réunion tenue à New-York, en octobre dernier, M. Parsonns présente un rapport sur l'exploitation de quelques lignes européennes de tramways électriques. Nous relevons dans ce compte rendu quelques points intéressants.

Pour le tramway souterrain de la City et South London, le nombre de miles parcourus par semaine est d'environ 14,500 (soit 24 000 km); la voiture-mile (environ 1,6 voiture-kilomètre) revient à 0 fr. 425. Chaque locomotive pèse 13,5 tonnes et entraîne 3 cars de 10 mètres de long à une vitesse de 20 kilomètres à l'heure, arrêts compris.

La « Liverpool elevated electric railway Company » nous offre l'exemple opposé au précédent; le trafic n'est pas moins intense : 265 349 miles (environ 425 000 km.) par semaine. La dépense par voiture mile est de 0 fr. 30. Chaque car mesure 14 mètres de longueur et porte 16 passagers de 1re classe et 41 de 2e classe; le train comporte deux voitures.

En somme, si on tient compte de l'importance du trafic, on s'explique facilement la différence des prix de revient. Les voies élevées sont aussi d'un établissement moins coûteux que les voies souterraines.

Dans le cas où l'encombrement des rues ne permet pas d'établir la voie au niveau du sol, l'elevated est la solution la plus simple; on n'a pas ici les inconvénients des locomotives du chemin de fer aérien. Enfin, dans le même cas, le retour par les rails ne présente plus des difficultés de même genre et il ne semble pas impossible qu'on puisse isoler les conducteurs de retour ce qui enlèverait de puissants arguments aux partisans du double-trolley.

On lit, dans le *Petit Marseillais*, sur le câble de Madagascar, l'entrefilet suivant :

Le ministre de la marine a déjà prescrit, assure-t-on, à l'usine des câbles sous-marins de Toulon de préparer le câble qui devra être posé entre Majunga et Mozambique et pour lequel un crédit de 3 millions est prévu sur les 65 millions demandés pour Madagascar. D'autre part, le reste de l'outillage sera mis en adjudication. Déjà une société française, celle qui fut jadis dépossédée par M. Félix Faure au profit d'une compagnie anglaise, a fait des offres.

Rappelons que le câble auquel celui à poser va être relié à Mozambique appartient et est exploité par une compagnie anglaise. De Mozambique il se dirige sur le Cap et les îles du Cap-Vert pour atterrir définitivement à Lisbonne.

Nous resterons donc à la merci du mauvais vouloir de l'administration anglaise. Néanmoins, les nouvelles ne mettront plus ensuite que vingt-quatre heures pour parvenir à Paris, alors qu'actuellement les communications demandent par Tamatave trois jours et demi environ. Le choix de Mozambique s'explique naturellement puisque notre base d'opérations sera Majunga.

Le projet de M. Guyer-Zeller pour l'établissement d'un chemin de fer électrique pour l'escalade de la Jungfrau suivrait, d'après l'*Industrie Electrique*, le tracé suivant :

Départ de la station de Scheidegg, de la ligne de la Wengernalp, à l'altitude de 2066 mètres.

La ligne s'élèverait de ce point jusqu'à la station du Glacier de l'Eiger, à 2280 mètres, pour se diriger de là par dessus la Grindelwald galerie, sur la station d'Eiger (3220 mètres), et ensuite sur la station de Mœnch (3623 mètres). De là, elle descendrait à la galerie du Guggigletscher (3393 mètres) pour atteindre à 4100 mètres d'altitude la Jungfrau. Un ascenseur conduirait au sommet (4166 mètres).

La hutschine fournira la force motrice. L'usine électrique sera placée au-dessus de Zwei-Lut-

Digitized by Google

schinen, d'où l'énergie sera transportée à la station de Scheidegg.

La longueur de la ligne jusqu'au pied de l'ascenseur terminal sera de 12 km.

Nous ne sommes pas encore au bout des expériences sur l'éclairage des trains. Il semblerait qu'il s'agisse d'un problème scientifique des plus ardus; en réalité, ce n'est qu'une question de francs et de centimes; mais, malgré tous les essais, on n'est pas encore arrivé à une conclusion.

La question pourrait être envisagée à un point de vue tout autre. En général, toutes les améliorations apportées aux moyens de transport, au prix même de coûteuses transformations, ont pour effet d'augmenter l'intensité du trafic et par cela même rachètent amplement les dépenses faites. C'est ce qu'on ne reconnaît pas assez. En Amérique, on n'hésite pas à augmenter encore le confort des voyageurs, et l'éclairage convenable des trains est, en particulier, l'objet de la sollicitude des compagnies.

Sur ce sujet, M. Léonard vient de présenter une étude à l'Association des télégraphes des chemins de fer. D'après cette communication résumée par la *Revue industrielle* il paraît qu'on suit avec beaucoup d'intérêt les applications du système recommandé par M. G. Gibbs, ingénieur de la traction du Chicago, Milwaukee et Saint-Paul Railroad et consistant à alimenter les lampes, sans le secours d'accumulateurs, au moyen d'une dynamo Edison de 15 kilowatts, attelée directement à une machine Westinghouse de 18 chevaux. En été, le matériel de production de l'électricité est logé dans un des fourgons à bagages du train et emprunte sa vapeur à la locomotive; en hiver, il fait partie du fourgon spécial dont la chaudière fournit la vapeur nécessaire au moteur de la dynamo et au chauffage du train.

Il y a déjà une centaine de voitures organisées avec des lampes de 16 bougies sous 110 volts : on compte par train complet de 130 à 225 lampes et les voitures ont parcouru plus de 300,000 kilomètres sans un seul accident. Lorsqu'il s'agit de trains complets qui vont et viennent tout d'une pièce entre deux stations extrêmes, et il semble que ce soit le cas, il n'y a pas à s'inquiéter des interruptions d'éclairage causées par les changements de machines et autres manœuvres; autrement, il faudrait bien recourir aux accumulateurs, pour ne pas laisser les voyageurs dans une complète obscurité.

M. Léonard compare au point de vue des frais de premier établissement, du nombre de lampes par voiture, de la quantité de lumière fournie et des dépenses d'exploitation les systèmes suivants appliqués sur différents réseaux de chemins de fer :

Éclairage direct de M. Gibbs;

Éclairage par dynamo et accumulateurs combinés de la Compagnie Pullmann;

Eclairage par accumulateurs seuls de la Compagnie Pullmann;

Éclairage par accumulateurs seuls de la Compagnie Chesapeake and Ohio Railway;

Éclairage par wagons isolés au moyen de dynamos commandées par des essieux avec intermédiaire d'accumulateurs, procédé Lewis. Un coup d'œil jeté sur le tableau suivant composé des chiffres cités par la *Railroad Gazette* donnera les indications les plus utiles.

SYSTÈME	Dépense par voiture Francs.	Quantité de lumière, bougies. Lampes de 16 bougies.	Dépense par voiture et par jour. Francs	Dépense par bougie-heure. Centimes.
Dynamos et accumulateurs combinés	4810	360	9,95	0,275
Accumulateurs Silwey de la Compagnie Chesapeake Ohio	3545	148	4,72	0,256
Accumulateurs de la Compagnie Pullmann	3280	412	8,47	0,218
Eclairage direct Gibbs	1690	288	4,885	0,163
Dynamo et accumulateurs procédé Lewis	2500	192	2,395	0,122
Eclairage au gaz Pintsch	2000	148	4,715	—
Eclairage à l'huile	360	148	3,18	—

Ces chiffres ont été calculés par M. Léonard, d'après des résultats d'exploitation, en adoptant une durée uniforme de dix heures d'éclairage par jour. Avec le gaz Pintsch, les brûleurs d'une intensité lumineuse de 6 bougies consommaient environ 18 litres par heure de gaz coûtant 0,90 franc le mètre cube; pour l'huile, les lampes à double brûleur donnaient environ 12 bougies, et ni le prix de l'huile, ni la consommation par lampe et par heure ne sont indiqués. Quant au

Digitized by Google

système d'éclairage électrique Lewis, c'est aller un peu vite que de proclamer sa supériorité après l'unique essai de quatre mois sur l'unique wagon du directeur général de la Compagnie Chesapeake-Ohio.

D'après l'expérience de la Société générale d'électricité de Berlin, la solution la plus simple du problème de l'éclairage électrique des trains consiste dans l'emploi d'accumulateurs. Le système recommandé par cette société est celui qu'elle a mis en essai sur la ligne Dortmund-Gronau-Enschede. Cette ligne fait partie des chemins de fer de l'Etat prussien, est d'environ 100 kilomètres de longueur et conduit de la région industrielle de Dortmund à la station néerlandaise d'Enschede.

L'installation a fonctionné depuis plus d'un an. Les éléments employés sont d'un type spécial de la fabrique d'accumulateurs de Hagen. Une batterie capable d'alimenter cinq lampes de 5 bougies pendant 40 heures pèse 212 kg, si la décharge s'effectue à 15 volts ; en déchargeant à 22,5 volts le poids de la batterie est de 234 kg ; et à 30 volts, de 268 kg.

En général, la décharge de 12 éléments à 22,5 volts est celle qui convient le mieux. Une batterie de ce voltage pouvant alimenter cinq lampes de 16 bougies pendant 8, 12 ou 16 heures, pèserait 200, 234 ou 254 kg.

Dans le cas où chaque compartiment est éclairé par deux lampes, on intercale les lampes dans les circuits de deux batteries différentes, afin que l'extinction accidentelle de l'une n'affecte pas simultanément l'autre. Les éléments sont enfermés dans des caisses pas trop lourdes pour un homme, et ces caisses sont placées sous les voitures, tout comme les réservoirs à gaz ordinaires.

L'installation du gaz pour cinq becs durant 40 heures pèserait environ 450 kg, tandis que l'installation électrique équivalente ne pèse pas plus de 290 kg.

Les batteries sont échangées et rechargées à la station d'éclairage ; il n'est pas pratique de les recharger sur les voitures même, parce qu'on immobilise le train trop longtemps.

On compte comme minimum nécessaire : pour les compartiments de première classe une lampe de 16 bougies, pour ceux de deuxième et de troisième, une lampe de 10 bougies, et deux lampes de 6 bougies pour la quatrième. Mais il conviendrait de disposer dans les compartiments des deux premières classes deux lampes de 8 ou 10 bougies.

Chaque batterie est munie d'un interrupteur qui n'est à la portée que du conducteur du train ; on a renoncé à mettre ces interrupteurs sous la main des voyageurs, malgré l'économie de lumière qui pourrait en résulter.

L'état de la batterie est indiqué par des voltmètres ou par des heures-mètres Aubert.

Sur les lignes où les trains vont et reviennent sans être coupés, on peut installer les accumulateurs sur un truck spécial, comme on le fait en Danemark et sur la côte ouest de la Suède.

En ce qui concerne la dépense, la Compagnie indique seulement que l'éclairage électrique sur la ligne Dortmund-Enschede ne revient pas plus cher que l'éclairage au gaz, malgré l'imperfection de cette première installation.

On sait qu'il existe depuis quelque temps à Paris une ligne de tramways à air comprimé (Saint-Augustin-Vincennes). Ce système a été essayé dans beaucoup d'endroits et assez souvent on a dû y renoncer. On peut citer, toutefois, des lignes donnant des résultats satisfaisants, parmi lesquelles se trouve le tramway à air comprimé de Nantes sur lequel *La Nature* donne les renseignements suivants :

Le réseau comprend une longueur totale de 11 kilomètres, dont une grande partie le long de la Loire. Les dépenses d'établissement, au 31 décembre 1893, s'élevaient à 2 350 503 francs. La plus grande partie du réseau est de niveau, cependant il y a une rampe maxima de 4,5 0/0. Le matériel roulant comprend 22 petites automobiles sans impériale à 32 places et 4 à 46 places et à impériale.

Inaugurés en 1879, ces tramways du système Mékarsky, fonctionnent d'une façon satisfaisante ; les dépenses d'exploitation ressortent à 36 754 francs par kilomètre, et les recettes à 51 862 francs, ce qui laisse 15 108 francs de bénéfice par kilomètre. Ces chiffres correspondent à un intérêt de 7 0/0 environ, y compris l'amortissement.

Digitized by Google

La fabrique établie à Chicago par la maison Siemens et Halske a été détruite au mois d'août par un incendie. On estime les pertes à environ 1 500 000 francs. Les bâtiments ont été complètement détruits, et beaucoup de machines ont été fortement endommagées Les livres de comptabilité ainsi que les plans et les modèles ont pu être sauvés.

La Nassau Electric Company, de New-York, semble avoir atteint les plus petites dimensions et le plus faible poids pour une pile de poche qu'elle construit. Cette pile, suivant *The Electrician*, est composée d'éléments au chlorure d'argent hermétiquement fermés. Ces éléments, d'une force électro-motrice de 1,1 volts, fournissent un débit maximum de 2 ampères, ont moins de 18 millimètres de diamètre et moins de 70 millimètres de longueur, et pèsent à peine quelques grammes.

Dans une gorge de l'Himalaya, il s'est formé accidentellement une énorme accumulation d'eau, à laquelle on a donné le nom de lac Gohna, et qui ne présente pas moins de 7 kilomètres de longueur, et 800 mètres de largeur avec une profondeur moyenne de 150 mètres, hauteur de la digue naturelle. L'*Electrician*, de Londres, dit que des enthousiastes de l'utilisation des forces naturelles ne sont pas éloignés de proposer l'utilisation de ce réservoir, contenant quelque chose comme 25×107 chevaux-heures, pour la production d'énergie électrique.

Le consul des Etats-Unis à Chemnitz a fait un rapport intéressant sur les tramways électriques de cette ville. Toute la traction animale a été remplacée par la traction à fil aérien et à trolet. Tous les fils transversaux sont fixés dans les murs des maisons bordant la route ; les propriétaires ont accordé gratuitement cette permission.

Les voitures n'ont pas de conducteurs ; le mécanicien est chargé de recueillir les places ; cela procure à la compagnie une économie de 55,000 francs ; le prix des places n'est que de 10 pfs, soit, 12 1/2 cm et donne droit à la correspondance Il faudrait que 450,000 personnes évitent le paiement de leur place pour que la compagnie perde en raison de cette absence de contrôle. La menace des poursuites judiciaires, avec publication du nom des délinquants, assure le paiement régulier. Les « tirelires » sont placées sur chaque plate-forme, avant et arrière, et chacun en montant dépose le prix de son parcours dans la petite boîte. Le public et le mécanicien surveillent les nouveaux arrivants ; pas un de ceux-ci ne voudrait pouvoir être supposé en fraude.

Cette organisation existe depuis 7 à 8 mois ; aucun accident n'a eu lieu et le contrôle mutuel a été prouvé satisfaisant.

Ce système original et vraiment pratique, aura certainement des imitateurs.

On prétend avoir observé sur une ligne téléphonique, longue de 80 kilomètres, entre Digby et Westport (Nouvelle-Ecosse), le phénomène curieux suivant: Cette ligne est en fil de fer avec retour par la terre ; il n'y a pas d'autres lignes dans le voisinage ; on se sert de téléphones Bell ordinaires. Dès qu'il se produit une aurore boréale, on le remarque sur cette ligne par ce fait que la transmission dans l'est-ouest devient impossible, tandis que dans le sens ouest-est elle n'est aucunement troublée. On s'est assuré que les appareils ne jouent dans ce phénomène aucun rôle.

Sous le titre *Curieuse coïncidence*, un journal américain raconte qu'un pasteur, dans un sermon où il fulminait contre la tendance toujours croissante à ne plus croire en rien autre que ce que nous pouvons voir, s'écria : Il y a tout autour de nous nombre de choses que nous ne pouvons pas voir et pourtant, nous sommes certains qu'elles sont là ; au même moment, toutes les lampes électriques de l'église s'éteignirent... !

Le Gérant : L. DENNERY.

Imprimerie ALCAN-LEVY, 24, rue Chauchat, Paris

Digitized by Google

1re Année Samedi 24 Novembre 189 N° 11

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITE

3, RUE RACINE, PARIS

Directeur P. H. LEDEBOER, Docteur ès-sciences

SOMMAIRE. — Télégraphie sous-marine, P. Marcillac. — Inductance des lignes aériennes pour courants alternatifs, A. Blondel. — Électrochimie, P. H. Ledeboer. — Extraits de la presse industrielle. Communications. Courbes de force électro-motrice et d'intensité de courant d'un alternateur Wilde, par M. J. Frith. — La recherche d'un étalon de lumière, par O. Lummer et F. Kurlbaum. — Dynamo et lampe pour bicyclette. — L'emploi des dynamoteurs sur les circuits de tramways électriques, par MM. Vail et Wynkoop. — Revue des Sociétés savantes et des publications scientifiques, par MM. J. Blondin et C. Raveau. — Sur les vitesses des ions et le pouvoir d'ionisation des dissolvants, par W. C. Dampier Whetam. — Sur l'élection ou atome d'électricité, par G. J. Stoney. — Sur les éléments thermoélectriques constitués par un métal et une dissolution saline, par A. Hagenbach. — Etude de la polarisation d'une cloison métallique mince placée dans un voltamètre, par J. Daniel. — Bibliographie. — Chronique.

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE

(APPAREIL TERRIN) (1)

L'économie de mouvements et, par suite, de temps, est telle, qu'avec le nouvel appareil, un employé ordinaire peut préparer 70 à 80 dépêches à l'heure, au lieu des 30 qu'il obtient au Wheatstone. A lui seul, il alimenterait un transmetteur marchant à la vitesse de 700 à 800 émissions par minute. Nous ne parlons pas ici en tenant compte d'hypothèses ingénieuses, mais d'après les résultats fournis par une exploitation incessante de l'appareil, sur des câbles de 900 à 1000 kilomètres, depuis de long mois. Nous avons intentionnellement laissé s'écouler toute la période des tâtonnements et des recherches, et celle de la mise en service complète, avant d'émettre une opinion sur le rendement du système, pour ne donner que des chiffres vrais et non des évaluations fantaisistes.

Pour perforer d'un seul coup une lettre, un chiffre de l'alphabet Morse et l'intervalle de séparation, il faut que les poinçons soient disposés, comme dans le perforateur Wheatstone, sur trois étages correspondant au bord supérieur, à la ligne médiane, et au bord inférieur de la bande, et que leur nombre soit suffisant pour produire toutes les combinaisons de points et de traits qui entrent dans la formation des plus longs caractères. Ceux-ci étant composés de cinq éléments au maximum et d'un espace blanc de séparation, il

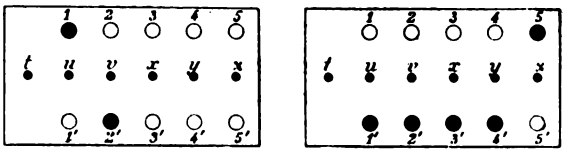


Fig. 9 et 10.

faut cinq poinçons à l'étage supérieur, cinq autres, identiques, à l'étage inférieur, et enfin à l'étage intermédiaire, six poinçons de plus petit diamètre, soit un de plus *pour l'intervalle blanc*.

Prenons pour exemple la lettre A comprenant : l'intervalle (un blanc) un point, un trait (fig. 9). Les poinçons *t*, *u*, *v*, 1, 2', seulement entreront en jeu ; les autres restent immobiles. La perforation une fois effectuée, le mécanisme de progression devra instantanément, pour ainsi dire, *en même temps*, faire avancer la bande de 3 divisions. Si le chiffre

(1) L'*Eclairage Electrique* du 10 novembre 1894 p. 385.

Digitized by Google

9 par exemple qui est composé de l'intervalle, de quatre traits et d'un point, vient à suivre (fig. 10) les poinçons *t*, *u*, *v*, *x*, *y*, *z*, 1′, 2′ 3′, 4′ et 5 entrent en jeu. Ils perforent à la fois la séparation d'avec la lettre A qui précède, et les trous nécessaires à la formation des signaux composant le o ; après quoi le système de progression fait avancer la bande de six divisions. Il en serait de même pour tout autre caractère. Quant à la séparation réglementaire de trois blancs entre chaque mot, elle fait l'objet d'une disposition spéciale. Pour remplir ses multiples fonctions, l'appareil a dû être muni non seulement du clavier sur lequel agit le manipulant et du système de perforation, mais encore d'un mouvement d'horlogerie chargé d'assurer la perforation et la progression du papier. Le mouvement d'horlogerie, très puissant, est celui d'un appareil Hughes débarrassé de ses organes imprimeurs.

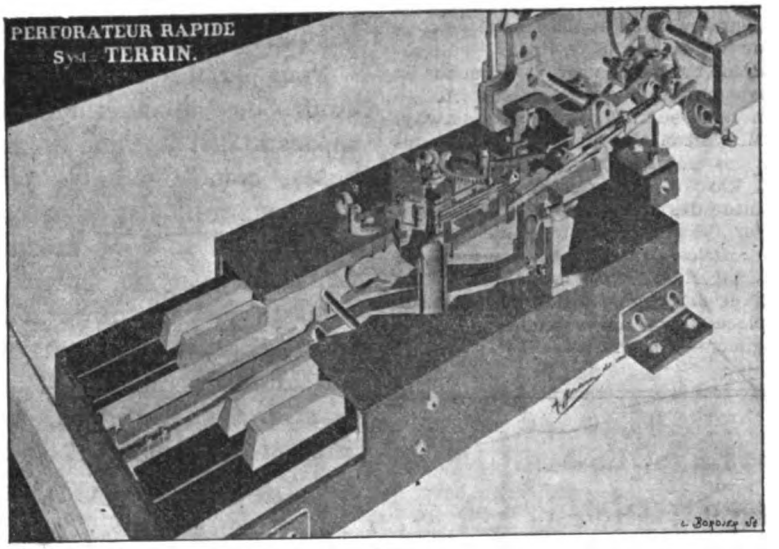


Fig. 11. — Premier appareil Terrin.

La figure 11 donne une vue d'ensemble du perforateur. Les figures suivantes indiquent le jeu détaillé des pièces essentielles. Les croquis 12 et 13 représentent le perforateur en plan et en coupe, avec l'arbre dit « des cames » qui provoque le choc contre les poinçons et, par suite, la perforation, ainsi que l'entraînement du papier. Cet arbre C porte deux organes : A appelé *came de perforation* et B dit *came de progression*. Le premier a la forme d'un excentrique ; l'autre a celle d'un cylindre coupé normalement à son axe par un plan oblique. Quand l'arbre des cames tourne, le premier de ces organes provoque la projection en avant, d'un marteau M contre lequel il appuie par l'intermédiaire d'un galet G *a*. Ce marteau pivote en P. La seconde came fait tourner un levier L (fig. 12) dont l'axe vertical se trouve en D. Le bras postérieur de ce levier est repoussé vers la droite, son bras antérieur, armé d'un long ressort-lame est rejeté vers la gauche, Nous reviendrons sur son rôle à propos du *perforateur*.

Ce perforateur est une boîte en fonte de laiton portant à sa partie postérieure une seconde petite boîte dans laquelle sont logés les poinçons (comme dans le perforateur Wheatstone représenté plus haut), et à sa partie antérieure un clavier composé de 5 touches noires et 6 blanches ; les leviers et ressorts correspondant aux touches se meuvent à l'intérieur de la boîte métallique.

Le jeu d'emporte-pièces comprend 16 poinçons *i i* reposant dans des trous percés dans deux platines fixes F et G. La figure 14 représente une de ces platines. Chaque poinçon porte une collerette rectangulaire *bl* dont le

Digitized by Google

rôle est de pousser en avant, pendant le travail, une plaque mobile H qui, actionnée ensuite par des ressorts à boudin, renvoie les poinçons au repos.

Sur la plaque G, ou plus exactement au-devant de G, et séparée par un très faible

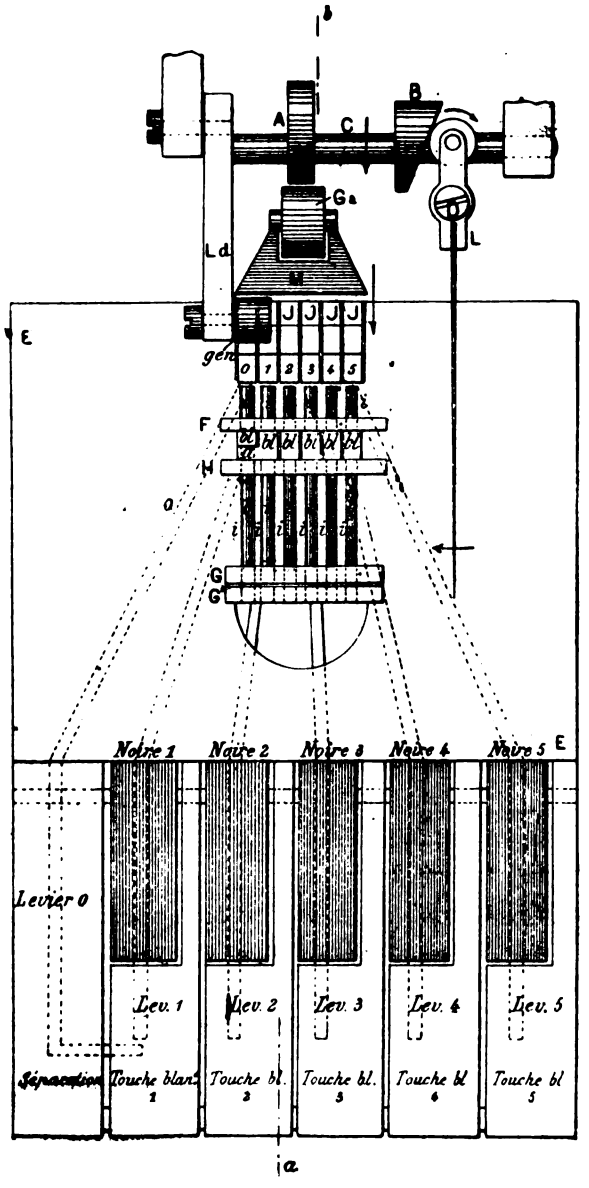


Fig. 12 — Plan du perforateur.

intervalle, est fixée une seconde platine G' identique, dont les trous sont placés bien exactement en face de ceux de la platine G. Dans l'intervalle glisse la bande de papier huilé. Quand les emporte-pièces ou poinçons sont projetés vivement, ils s'enfoncent dans les trous de G' en enlevant le papier qui se trouve perforé nettement. En arrière des poinçons, sont placés des goujons JJ servant de trait d'union entre le marteau M et le mécanisme de perforation proprement dit. Ils sont au nombre de 6, placés côte à côte, suivant l'axe de chaque rangée verticale de poinçons. Quand ils sont au repos, leur épaulement *ep* (fig. 13) est au-dessous du plan d'action du marteau qui ne peut pas les heurter ; quand ils sont soulevés au contraire, ils se trouvent dans ce plan et, frappés par le marteau, ils choquent à leur tour les emporte pièces qui perforent le papier-bande.

Pour percer des points ou des traits, c'est-à-dire des trous en haut et au milieu, ou bien au milieu et en bas du papier, il faut que l'arête *fa* des goujons se place en face des poinçons supérieur et médian, ou médian et inférieur. Ils doivent donc pouvoir prendre deux positions différentes par rapport aux poinçons.

Ce résultat est atteint grâce au double jeu des touches du clavier. Les goujons sont montés (v. fig. 13) à l'extrémité de leviers L*v* pivotant en A*x*. Sur le bras antérieur de chacun de ces leviers est fixée une touche noire. Quand on appuie sur cette touche, le levier s'abaisse sur une butée *bu* et le goujon relié à l'autre bras s'élève *de deux étages*. Au-dessus de chaque levier, mais indépendante de cet organe, se trouve aussi une touche blanche pivotant en A*x'*. Cette touche descend lorsqu'on la presse, jusqu'à une autre butée *bu'* en entraînant le levier L*v*, *mais d'une quantité moindre que précédemment*. Le contact entre la touche blanche et le levier L*v* est établi par le bloc *bo*. Un autre bloc *bo'* fixé sous la partie postérieure de la touche blanche limite l'ascension du levier L*v* qui ne s'élève ainsi *que d'un étage*.

Les touches blanches représentent les traits, les noires, les points de l'alphabet Morse. Si donc on veut perforer la lettre C

Digitized by Google

par exemple, on appuiera sur le blanc 1, le noir 2, le blanc 3, le noir 4. Le goujon 1 montera d'un étage, le 2 de deux étages, le 3 d'un étage et le 4 de deux. Le marteau M étant actionné, poussera les 4 goujons contre les poinçons nécessaires à la perforation de C. Pour communiquer ce mouvement au marteau M, on embrasse l'arbre des cames dont l'excentrique agit en refoulant le galet G*a* solidaire de M. L'embrayage avec le mouvement d'horlogerie est produit par le jeu du levier 0 ou du levier 1. Le premier n'est surmonté que d'une touche, celle des « séparations ». Son bras antérieur se recourbant à angle droit, se place en même temps sous la touche blanche 1, de sorte qu'il peut être commandé par 2 touches « séparation » et « blanche 1. » A cause de cette disposition spéciale, si l'on appuie sur la blanche « séparation » le levier 0 seul s'abaisse et le goujon 0 se soulève : si l'on abaisse la blanche 1, les leviers 0 et 1 sont actionnés et leurs 2 goujons sc relèvent : enfin, si l'on presse la touche noire 1, le levier 1 est seul abaissé et son goujon soulevé.

Or au-dessus des goujons 0 et 1 se trouve une « genouillère » *gen* (v. fig. 12 et 13) articulée, à l'extrémité du bras horizontal d'un levier dit *levier de détente* L*d*, dont l'axe est en A*e*. Ce levier, recourbé à angle droit, porte à l'extrémité de son bras inférieur un cran sur lequel repose un taquet *t* fixé sur le levier d'échappement *ch* du mouvement d'horlogerie. Si l'un des goujons 0 ou 1 se soulève, il bute sur la surface inférieure de la genouillère et fait alors basculer le levier L*d*; le taquet *t* échappe au cran qui le retenait, le levier d'échappement sollicité de haut en bas par le ressort à boudin *bd* s'abaisse et l'embrayage se produit. Quand l'arbre des cames termine sa révolution, le levier d'échappement est soulevé automatiquement par un système identique à celui de Hughes et son taquet se remet de lui-même en prise avec le cran du levier de détente.

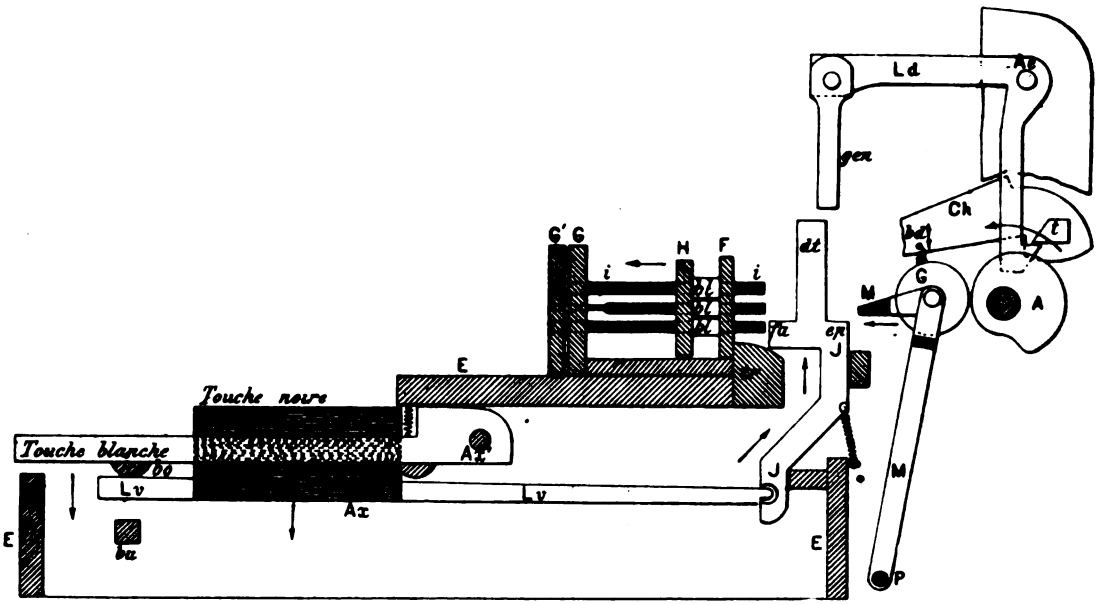


Fig. 13. — Coupe du perforateur (Coupe *ab*, fig. 12).

Revenons maintenant au mouvement de séparation des mots. On l'obtient au moyen de l'artifice suivant. On remarquera (fig. 14) que le poinçon de la ligne médiane placé à gauche, est seul dans son plan vertical. La figure 12 montre d'autre part, que le goujon 0 est en face de ce poinçon dont le bloc *bl* est réduit de moitié. Le bloc du poinçon 1 porte un anneau *a* dans lequel s'enfile le poinçon 0.

Digitized by Google

Si donc on abaisse la touche « séparation » le levier o est actionné : son goujon se soulève, bute sur le levier de détente et produit l'embrayage. Le goujon o est poussé par le marteau M contre le poinçon o dont le bloc entraîne le poinçon 1. Les 2 poinçons o et 1 perforent deux trous sur la ligne médiane de la bande. La lettre suivante étant précédée d'un trou sur la ligne médiane, on aura ainsi les trois intervalles réglementaires de la séparation des mots.

Soit à perforer la lettre N, qui est au Morse l'inverse de A, c'est-à-dire un trait et un point.

On abaissera les touches blanche 1 (trait) et noire 2 (point). Le goujon 1 monte d'un étage, le 2 de deux étages. La touche blanche 1 a entraîné dans son mouvement de descente le bras antérieur recourbé du levier o : le goujon o s'est donc soulevé et le poinçon a o été poussé aussi, perforant en avant de la lettre un trou de la ligne médiane formant l'intervalle de séparation.

Soit, inversement, à perforer la lettre A, (un point, un trait). On abaisse la noire 1 et la blanche 2. Le goujon 1 monte de 2 étages, le goujon 2 d'un étage seulement. Le levier o n'aura pas été abaissé et le goujon o n'aura

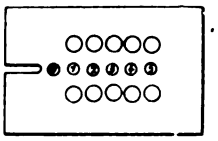


Fig. 14 — Platine du perforateur.

pas remué ; c'est le goujon 1 qui, en butant sur la genouillère *gen* aura produit l'embrayage de l'arbre des cames. Mais l'épaulement *ep* et l'arrête *fa* du goujon o sont plus élevés que ceux des autres goujons. Ce goujon est donc toujours actionné par le marteau, *même lorsqu'il n'est pas soulevé*. Il rencontre le poinçon o et produit la perforation d'intervalle.

Pour des lettres renfermant 1, 2, 3, 4 et 5 éléments, points ou traits, les touches 1, 2, 3, 4 et 5, noires ou blanches, seront abaissées. Les goujons reproduiront en face des marteaux la combinaison formée sur le clavier et, sous l'impulsion du marteau, ceux-ci perforeront la combinaison.

Un dernier jeu d'organes reste à étudier, celui de la *progression* du papier perforé. C'est la partie la plus originale du système Terrin (fig. 15).

Au-dessus des poinçons se trouve un pont P*t* supportant une pièce dite *pièce de progression*, pivotant en *p* et du centre de laquelle partent trois bras. Le bras postérieur *b p* est muni à son extrémité d'un arc de cercle *a c*

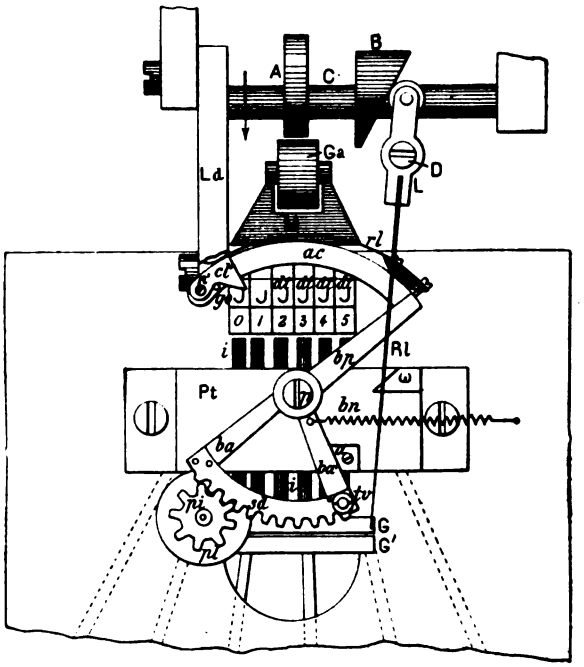


Fig. 15. — Système de progression du papier.

marchant vers la gauche, au bout duquel un cliquet *c* l'appuie contre une goupille *go* sous la pression d'un ressort-lame courbe *r l*. Sur les deux bras antérieurs *ba*, *ba'* est monté un secteur denté *sd* portant à droite une tige verticale *tv*.

Le secteur denté engrène avec un pignon *pi* solidaire d'un plateau *pl*. Pignon et plateau sont montés à frottement doux sur un axe A*e* dit *axe d'entraînement*, fixé à gauche des plaques GG' (fig. 15 et 16). Le détail de cet axe est donné par la figure 16. Les tourillons de l'axe sont *to'* et *to''* ; *pi* et *pl*, le pignon et

Digitized by Google

le plateau ; *re* la roue d'entraînement dont les dents pénètrent dans les trous de la ligne médiane de la bande pour la faire avancer; *écr*, un écrou fixant la roue *re* dans une position déterminée. Le plateau *pl* porte en dessous un cliquet *cl* (fig. 17) maintenu aux prises des dents d'un rochet *ro* par un ressort-lame circulaire *rt*. Ce rochet est fixé sur l'axe A*e* dont il fait partie.

Par suite de ces dispositions, le pignon et son plateau peuvent tourner (fig. 17) en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre sans entraîner l'axe A*e*, mais dans le mouvement inverse, cet axe est forcé par le cliquet *cl* de suivre la rotation du pignon.

Supposons l'arbre des cames en mouvement : la came B pousse à droite le bras postérieur du levier L dont le grand ressort-lame R*l* vient fouetter, en se dirigeant vers la gauche, la tige *tv* montée sur le secteur denté de la pièce de progression. Celle-ci pivote sur son axe *p*,

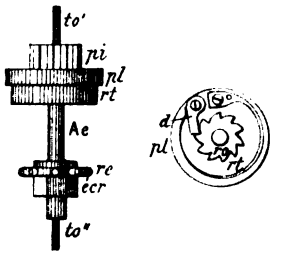


Fig. 16 et 17 — Détails du système de progression du papier.

entraînant par engrenage le pignon *pi* et son plateau.

A ce moment, l'axe d'entraînement ne peut remuer, car il est retenu par sa roue *re* (fig. 16), aux prises avec la bande perforée, et celle-ci est maintenue immobile par les poinçons qui la traversent, poussés par le marteau et les goujons soulevés. La perforation achevée, les poinçons reviennent au repos, la came B cesse d'agir sur le levier L et un ressort à boudin *bn*, ramène sur sa butée *a*, la pièce de progression, en faisant tourner le pignon *pi* dont le cliquet *cl* entraîne l'axe A*e*. La bande redevenue libre est entraînée vers la gauche par la roue *re*.

Nous avons dit que la progression était proportionnelle à la longueur du signal perforé. Les organes étant connus, voyons comment s'obtient cette proportionnalité.

Chaque goujon porte dans sa partie supérieure, un doigt *dt* (fig. 13 et 15) vertical, placé au repos sur le chemin du cliquet *cl'* monté sur l'arc de cercle *ac* de la pièce de progression. D'après la longueur de la lettre à perforer, un nombre de goujons plus ou moins grand sera soulevé sous l'action du clavier, poussé en avant par le marteau, et sur le passage du cliquet *cl'* se démasquera un espace proportionnel au nombre de goujons poussés. Le cliquet *cl'* pourra donc, suivant le cas, franchir des espaces plus ou moins grands pour venir lutter contre le doigt du premier goujon de gauche non actionné.

Un exemple : Pour la lettre S (3 points), les goujons 0, 1, 2, 3 (fig. 15) seront soulevés et poussés contre les poinçons ; le cliquet *cl'* passera derrière et viendra s'arrêter sur le doigt *dt* du goujon 4. Pour la lettre H (4 points) les goujons 0, 1, 2, 3, 4 seront actionnés et le cliquet *cl'* buttera seulement sur le goujon 5 en franchissant un intervalle de plus que dans le cas précédent. Enfin pour le chiffre 5 (5 points) les goujons 0, 1, 2, 3, 4, 5, seront poussés, le cliquet *cl'* ne rencontrera plus d'obtacle ; mais le bras *bp* de la pièce de progression sera arrêté par le butoir ω fixé sur le pont *Pt*, à un intervalle de plus que dans le cas précédent.

Le secteur denté franchira donc, suivant le cas, des espaces plus ou moins grands, automatiquement réglés par la perforation elle-même, et lorsque la pièce de progression reviendra au repos, la roue d'entraînement fera avancer le papier, d'un nombre d'intervalles égale au nombre de trous perforés sur la ligne médiane de la bande.

Nous avons dit précédemment que les signaux Morse les plus longs n'avaient que 5 caractères et que, par conséquent, 16 poinçons devaient suffire pour perforer leurs éléments. Il convient de faire une réserve. Il n'était question que des lettres et des chiffres.

Digitized by Google

D'autres combinaisons de ponctuation (*souligné*, *point d'interrogation*, etc), comptent plus de 5 caractères Morse ; mais, de même qu'à l'appareil Meyer, on les réduit aisément à 5 et il n'y a, de ce chef, aucune difficulté pratique.

Avec l'appareil Terrin dont venons d'esquisser l'ensemble, il est possible à un perforant très habile d'atteindre un rendement de 90 et même de 100 dépêches à l'heure, car la rapidité des mouvements ne rencontre là aucun obstacle. L'employé n'a pas de règle ou de cadence à observer : la perforation s'obtient instantanément en appuyant sur le clavier. Or, sur les câbles d'Algérie (les seuls sur lesquels le Terrin fonctionne) comme il n'est pas possible électriquement de marcher en duplex à une vitesse supérieure à 550 ou 600 émissions par minute, la production dépasse la transmission. Dès lors on perd, par force, une partie du bénéfice que l'on pourrait tirer d'une perforation extra-rapide. Le Terrin a pour lui cette qualité très remarquable qu'il peut tenir tête, comme vitesse de production, à un transmetteur qui serait alimenté, avec le système Wheatstone par deux ou trois perforants entraînés. Sur des lignes qui permettraient une allure de transmission beaucoup plus rapide, cet appareil rendrait d'inestimables services. La lenteur relative que les câbles un peu longs imposent à la transmission, disparaîtrait sur des lignes aériennes. Nous n'en voulons pour preuve que les vitesses extraordinaires atteintes sur les lignes anglaises pour le service de la presse. L'appareil Terrin ne peut guère être utilisé sur le réseau français qui est desservi par des systèmes tels que le Hughes et le Baudot dont les bandes imprimées sont fort goûtées du public ; mais en Angleterre ou en Amérique, où les systèmes imprimeurs sont repoussés avec parti pris et où, par contre, les appareils type Wheatstone et similaires sont répandus à profusion, il y aurait réelle économie à utiliser des perforateurs donnant le rendement de deux ou trois employés.

Si d'ailleurs, on utilisait le système Terrin sur des lignes aériennes, le recorder étant beaucoup trop lent pour recevoir en proportion de la vitesse de transmission, il faudrait recourir à un récepteur extra-rapide.

Ce dernier appareil existe, sans être absolument sorti de la période des perfectionnements, mais il serait prématuré d'en parler ici. Nous y reviendrons en temps utile.

Après avoir assuré d'une façon heureuse, le service de la préparation rapide de bandes pour *recorder*, M. Terrin a combiné un troisième modèle que nous ne décrirons pas, mais dont nous allons indiquer l'emploi. Au lieu d'un clavier de 5 blanches et 5 noires, l'appareil porte un clavier alphabétique comme machine à écrire et, au lieu de perforer des signaux Morse tronqués comme le *curb-sender* et le *Brahic*, il perce les signaux Wheatstone entiers. Il a été combiné ainsi en vue de l'exploitation des câbles franco-danois par lesquels Paris et Frédéricia échangent leurs télégrammes à l'aide du Wheatstone contrôlé aux points d'atterrissement par des appareils appelés « ondulateurs Lauritzen. » La ligne franco-danoise Paris-Calais-Fano-Fredericia qui, géographiquement, semble une anomalie, joue un rôle important en télégraphie internationale. Elle sert à la transmission des télégrammes de la France pour la Russie sans l'intermédiaire des offices belge, allemand, suisse ou autrichien. Électriquement, elle constitue une sorte de curiosité par sa composition un peu hétérogène. De Paris à Calais, les communications se font par une ligne aérienne de 300 kilomètres, au moyen du Wheatstone ordinaire. A Calais, un appareil contrôle les signaux sous la forme d'ondulations dont le modèle est donné dans le tableau n° 1. Un relais envoie sur le câble, long de 715 kilomètres les signaux émis par le bureau français. Un nouveau relais avec contrôleur Lauritzen, les reçoit à Fano et les retransmet par un fil aérien long de 55 miles à Frédéricia qui reçoit des signaux Morse par son Wheatsone. Frédéricia peut transmettre à

Digitized by Google

son tour, par le câble sous-marin de la Baltique, à Libau qui communique avec Saint-Péterbourg et Moscou. Un télégramme n'a donc à transiter que par deux bureaux, l'un danois, l'autre russe. Le trafic a tellement augmenté qu'un second câble a dû être posé entre Calais et Fano. Or, il est probable qu'après la mise en service du Terrin dernier modèle, cette augmentation de trafic s'accentuera encore.

Ouvrons ici une parenthèse.

En dehors des lignes télégraphiques terrestres appartenant en propre aux pays qui les exploitent, il existe actuellement un réseau sous-marin couvrant les deux tiers du globe.

Ce réseau comprend 1304 câbles dont la longueur est de 292 602 kilomètres 927 m.

Les administrations d'Etat possèdent 994 de ces conducteurs présentant un développement de 33 606 kilomètres.

Les Compagnies privées en possèdent 310 ayant une longueur totale de 258 996 kilomètres, soit 684 conducteurs de moins que les administrations gouvernementales, mais, par contre, 225 390 kilomètres de câbles de plus que tous les États réunis.

Ces Compagnies privées sont au nombre de 29. Elles se décomposent ainsi :

Nord-Américaines, 3, avec 28 318 kilomètres.

Sud-Américaines, 3, avec 162 kilomètres.

Françaises, 2, avec 14 982 kilomètres.

Anglaises, 21, avec 215 534 kilomètres.

Ajoutons à la leçon de choses que donnent sèchement les nombres ci-dessus, une indication qui ne manque par d'intérêt, à savoir que même chez ses adversaires politiques déclarés, l'Angleterre est maîtresse d'une partie des communications d'Etat, par des lignes dont elle cède l'usage moyennant finances, mais qui lui appartiennent. Il n'est pas question des câbles exploités de compte à demi avec d'autres puissances, mais des lignes appartenant à des Compagnies anglaises, *louées* par elles à des gouvernements qui les exploitent. Tels sont 37 des câbles du réseau grec, loués par l'Eastern Telegraph Company au gouvernement hellénique. Tels sont encore des câbles exploités par la Russie mais appartenant à la Great Northern Company. Et pour couronner l'édifice, tels sont aussi les câbles de Kertsch (Crimée) à Taman (Russie du Caucase) à l'Est du dédroit de Kertsch. Sur l'un d'eux, on réserve deux fils pour le service du gouvernement russe et les deux autres sont utilisés par la Compagnie. Cette promiscuité touchante du bon ours polaire et du léopard omnivore sous le même diélectrique, ferait rêver bien des diplomates, s'ils avaient le temps d'y penser. Mais, comme les morts de la ballade allemande, les ministères vont vite et disparaissent, tandis que le réseau anglais s'étend lentement et reste.

Cette extension se fait d'ailleurs avec une sûreté de méthode qu'on peut regretter, mais qu'il est difficile de ne pas admirer. L'humanité perd, sans doute, à ces enlacements lents et rythmés qui enserrent et étouffent les peuples nouveaux au profit d'un seul, mais on est obligé de reconnaître au point de vue strictement technique, la grandeur de l'œuvre accomplie. Pas un point d'atterrissement qui ne soit minutieusement ausculté, pas une station utile qui soit negligée, sauf le cas où l'abstention est profitable aux intérêts anglais et néfaste pour l'adversaire.

C'est ainsi que l'Afrique est entourée d'une ceinture de câbles touchant partout où le commerce anglais a des intérêts, mais s'écartant du bas Congo et de Madagascar. Les lignes anglaises vont de Zanzibar à l'île Maurice en passant par les Seychelles : elles ne relient pas Madagascar au reste du réseau. Elles la contournent, l'évitent, l'isolent du monde commercial. En Asie, partout, même méthode. Cet envahissement tantôt lent, tantôt brusque, mais toujours définitif, se fait d'ailleurs sans bruit (le patriotisme anglais redoute les tirades parlementaires) à l'aide d'une quantité d'ingénieurs électriciens et d'une flotte spéciale de premier ordre, qui porte au loi, l'honneur et les produits anglais. C'est

Digitized by Google

seulement au bout d'un certain temps que, la statistique aidant, on s'aperçoit qu'un seul peuple opère l'échange des pensées et des intérêts qui agitent cent autres nations, et que, grâce à quelques steamers câbliers, à quelques usines intelligeamment outillées, les deux tiers du monde civilisé sont les tributaires d'une poignée d'industriels sans concurrents sérieux et, par conséquent, maîtres du marché si l'on veut bien assimiler la pensée à une denrée.

Est-il besoin de parler du danger que crée une telle situation : il s'offre aux yeux des moins clairvoyants. Electriquement, c'est un monopole presque indestructible qui s'établit : politiquement, c'est une invasion. On commence par une pose de câble, un incident diplomatique surgit et l'affaire se termine par un protectorat. Comment les empires barbares ne croiraient-ils pas que la nation qu'ils voient prendre pied partout, est la première du monde civilisé !

Il arrive pourtant que les clients forcés de ce constrictor jamais rassasié, essaient d'échapper à ses étreintes. La Chine souple et patiente a depuis longtemps, pour sa part, recherché le moyen qu'elle pourrait employer pour arrêter l'extension télégraphique anglaise et diminuer le prestige qui en est la conséquence. Elle l'a trouvé et a commencé à l'appliquer timidement il y a deux ans environ. Il est inutile d'ajouter que les compagnies frappées ont « boycotté » tout ce qui pouvait leur nuire et qu'elles ont pris à tâche de faire sur l'idée des fils du Ciel un si profond silence que cette idée pouvait être considérée comme mort-née.

Le projet chinois, esquissé avec une prudence orientale, peut résumer en ceci. Dériver le trafic télégraphique de l'Orient par la création de voies nouvelles placées en d'autres mains et, par suite, ruiner les compagnies.

Par ses lignes continentales, c'est-à-dire par l'Europe, la Turquie, la Perse, le Beloutchistan, l'Inde, le Siam et l'Annam, ainsi que par ses câbles de l'Atlantique, de la Méditerranée, de la mer Rouge, de la mer des Indes et de la mer de Chine, l'Angleterre était, il y a peu de temps, le seul intermédiaire entre le Japon, la Corée, la Chine, le Tonkin, l'Annam, les Philippines, et les contrées d'Europe. Le réseau aérien chinois s'arrêtait au Nord-Est à Hunchun, et au Nord-Ouest à Potuna. Sauf par le Sud, l'Orient était donc isolé. Il y avait bien, tout au Nord de la Mandchourie, la ligne russe de l'Amour, courant à travers le steppe et aboutissant à Wladivostock. Mais de ce dernier point, la ligne sous-marine formée des deux câbles de la Great Northern Telegraph Company, délaissait la Corée et la Chine et se rendait à Nagasaki.

En exécution du plan projeté, la Chine relia d'un côté son terminus de Hunchun, à Wladivostock, et après avoir poussé ses lignes terrestres par Aigun jusqu'à Hélampo, au confluent de l'Amour et de la Séja, elle jeta un câble à travers le grand fleuve et rattacha son réseau aux lignes russes à Blagowetschensk (1).

(1) En raison des dénominations multiples qu'emploient divers géographes, il est difficile de trouver certains points mentionnés ici. Aussi croyons-nous faciliter les recherches à ceux de nos lecteurs que la question peut intéresser plus spécialement. Officiellement on appelle voie Helampo et voie Wladivostock, les lignes télégraphiques qui relient le réseau russe au réseau chinois. Wladivostock porte ce nom sur toutes les cartes : aucune confusion n'est possible. Il se trouve au fond de la baie de Pierre-le-Grand, à peu près par 130° de long. E. et 43° lat. N. — Hélampo est en Mandchourie, en face de Blagowetschensck, par 125° long. E. et 50° lat, N. au confluent du fleuve Amour, ou Sakalien-Oula, ou Saghalien, et de la rivière Séja ou Zéia. Hélampo se trouve un peu au nord d'Aigun ou Aïgoun, qu'on appelle aussi Hé-lun-Kiang absolument comme le fleuve Amour lui-même dont le nom chinois est Hé-lun-Kiang (fleuve du Dragon noir). Ce nom est également donné au district où se trouve Aïgun. Quant au point de jonction avec Wladivostock, c'est-à-dire Hunchun, ce dernier est placé un peu à l'ouest de Wladivostock et suivant les auteurs, il figure sous le nom de Wun-chun, Wouen-Chouen, Houn-Choung. Les ouvrages français, Reclus lui-même, sont sobres de détails sur ces parages peu connus de la Mandchourie. On peut consulter un ouvrage de Palladius

Digitized by Google

Or, Blagowetschensk est sur la grande route asiatique qui va de Wladivostock à Moscou, par Irkoutsk, Omsk, Ekaterimbourg, Kasan et Nijni Novgorod, et à son tour Moscou, par Liban et Frédéricia, ne se trouve séparé de Paris que par deux bureaux de transit.

La Chine prenant deux amorces sur cette artère gigantesque, par Hélampo et Hunchun, se met par conséquent en relation directe, ininterrompue. avec l'Extrême-Occident. Tel est le résultat matériel obtenu d'abord par le rattachement du réseau chinois terrestre au réseau russe.

Il serait beau au point de vue électrique : mais on peut y voir autre chose. Là où s'établit la concurrence il y a abaissement de prix. Ce prix était pour le mot télégraphique de 10 fr.-50 il y a deux ans à peine, par la voie de terre comme par la voie sous-marine. Il n'est plus aujourd'hui que de 8 fr. 50. Ce n'est qu'un premier résultat. D'autres meilleures encore, seront recueillis, à courte échéance.

Le prix du mot devra s'abaisser encore, non pas nne fois mais plusieurs, et il arrivera certainement au minimum admissible le jour, assez prochain, où le chemin de fer transsibérien sera terminé. Il est certain, indéniable, que la ligne de l'Amour est, par la nature même des contrées qu'elle traverse, exposée à subir de terribles assauts qui soumettront le matériel à de dures épreuves, mais on a fait aussi jadis, bien des objections à la création des câbles. Les courants, les tarets, les ancres, les poissons, les coraux, etc., tout a été dit là-dessus : pourtant ils résistent et fonctionnent. On criait un peu à la folie quand on a parlé en France de lignes en bronze d'un demi centimètre de diamètre. Le poids, la dilatation, le prix, etc., tout était matière à objection.

On cause à 1000 kil. au téléphone, à travers ces lignes ! Assurément il y aura encore des interruptions sur la grande ligne sibérienne : mais lorsqu'elle sera transportée le long de la voie ferrée si énergiquement poussée à travers la Russie d'Asie, les réparations et l'entretien deviendront chose courante. Déja les ruptures se font rares au fur et à mesure des travaux. En 1901 tout sera terminé et ce jour-là la ligne de l'Amour sera certainement une des voies préférées par le commerce international. Par sa nature, et grâce au dévouement discipliné du personnel télégraphique militarisé qui la dessert, la ligne de l'Amour doit créer et crée déjà une redoutable concurrence aux lignes anglaises.

Administrativement, il faut considérer que le Russe est chez lui, sur son propre territoire, que son personnel est, par suite, en situation normale et que les frais d'exploitation et de personnel sont seulement ceux qu'entraine une ligne aérienne ordinaire. Les compagnies de câbles sont, au contraire, en détachement à l'étranger. Elles sont astreintes à des dédommagements pécuniaires pour les points occupés. Leurs lignes sont d'un prix élévé qu'il sera difficile d'abaisser, surtout avec la diminution des essences guttifères. Leur personnel, considéré à juste titre comme en mission au dehors de la métropole, exige d'être largement payé. Il est assez rapidement usé d'ailleurs, en raison du climat chaud que n'a pas à redouter le Russe. Il y a là au total une série de dépenses inévitables, irréductibles, que les

sur la route de Pékin à Wladivostock, avec carte au 1/1,000,000e ; un autre de Williamson sur le même sujet, avec carte au 1/400,000e ; les feuilles 3 et 4 de l'Asie Russe au 1/400,000e (état-major russe) ; ainsi que l'atlas de Debes, publié à Leipzig en ce moment chez H. Wagner et E. Debes (feuille 44 de la 4e livraison, Asie orientale). Télégraphiquement, on pourra trouver Hélampo sur les cartes anglaises et sur celle qu'a publiée depuis 1892 le bureau télégraphique international de Berne. Il est inutile de le chercher dans les meilleurs atlas français, car il n'y figure pas plus que sur les cartes télégraphiques de l'Imprimerie Nationale, bien que ces dernières aient été tirées en 1893, un an après celle de Berne qui eut été consultée avec fruit. Cette constatation n'a rien de flatteur pour la cartographie française ; malheureusement elle n'est que l'expression de la vérité. On s'explique aisément que les spécialistes négligent quelque peu l'étude de lignes que l'on oublie de porter sur les tracés techniques.

Digitized by Google

compagnies ne peuvent supporter qu'à la condition de maintenir des tarifs élevés suffisamment rémunérateurs.

Le jour où les lignes terrestres enlevant la moitié au moins du trafic, c'est-à-dire de la source des recettes, entraîneront de sérieux abaissements de tarifs, le gain des Compagnies sera gravement menacé et leur existence compromise. Elles lutteront assurément. Le nombre de télégrammes croissant avec la diminution du prix du mot, il y aura surcroît de travail. Mais ce surcroît qui, pour un labeur triple, rapportera peut-être à peine ce que rapportait le travail facile largement rétribué, entraînera, par conséquence logique, l'emploi de nouveaux appareils, de nouveaux câbles et de nombreux employés. Il ne faut pas perdre de vue que ces doublements de conducteurs s'imposeront, la vitesse de transmission étant limitée sur les câbles. Or ces conductions coûtent des millions et il est certain qu'à force d'immerger, les Compagnies arriveront à une période critique. L'intérêt du capital, l'amortissement, les frais exceptionnels de personnel; etc., rendront la lutte plus que difficile pour elles. En faisant un dernier effort, leurs concurrents doivent pouvoir, par une guerre de tarifs fortement soutenue, leur enlever le trafic de l'extrême Orient, et cela au moment précis où les peuples de ces contrées s'agitent pour se mêler au concert universel, comme le Japon, ou secouer leur torpeur, comme la Chine, et peut-être pour se former en un groupe indépendant comme l'Australie. Frapper ainsi ces Compagnies dans leurs intérêts vitaux, c'est les diminuer ou les détruire à bref délai et avec elles l'influence anglaise en Orient devenue vraiment pesante au monde entier. C'est là le rôle des lignes chinoises continentales reliées aux lignes russes.

Il resterait à vaincre électriquement les distances. En nous étendant longuement sur les appareils à composition préalable et sur le Terrin, nous avons voulu précisément en indiquer le moyen simple et pratique, qui consiste dans l'application du Wheatstone si parfait, si précieux pour les grandes distances. Nous avons montré Moscou recevant de Liban, les télégrammes de Paris. Si de Moscou, l'on suppose la ligne de l'Amour divisée en sections d'un millier de kilomètres environ chacune, il suffira de 7 stations séparées par cette distance pour atteindre Pékin par Hélampo. En y ajoutant Moscou, Liban et Frédéricia, on trouve un total de 10 bureaux de transit. Si l'on compare à ce tracé (voir carte) celui des compagnies de câbles, on trouvera une plus grande longueur de ligne du côté des câbles. Les sections ne pouvant plus être égales puisque les points d'atterrissement sont répartis inégalement, il faut comparer, non plus les longueurs, mais les nombres de bureaux. On trouve alors en partant de Paris, Marseille, Malte, Alexandrie, Suez, Aden, Bombay, Madras, Penang, Singapore, Cap Saint-Jacques, Hong-Kong, Sharp-Peak, Woosung, Chining et Pékin, soit 14 bureaux de transit au lieu de 10 et 13000 kilomètres de ligne au lieu de 11000. L'avantage, on le voit, n'est pas pour le réseau câblier. De plus et c'est là un point capital : les câbles ne peuvent permettre une vitesse de transmission égale à celle qu'on atteindra sans effort sur des lignes aériennes. Nous avons supposé au Wheatstone une bonne marche sur une section de 1000 kilomètres. C'est trop peu dire, car avec des relais (surtout des relais Preece) le Wheatstone fonctionne très bien à des plus fortes distances. Il suffit pour s'en convaincre de se rappeler l'expérience de réception que nous citons au commencement de cette étude, faite de Paris à Paris par Bordeaux, Toulouse, Marseille, Lyon, Dijon. Or à cette époque (1875) les relais Preece qui ont donné de merveilleux résultats, depuis 1881, n'étaient pas inventés, le Wheatstone n'était pas perfectionné et les lignes en fil de fer de 4 m/m, avec torsades, étaient loin d'offrir les qualités des lignes modernes, en fer de 5 m/m, avec manchons noyés dans la soudure, ou en bronze de 4 m/m,5 manchonnées également et soudées avec soin.

En combinant le récepteur Wheatstone avec

Digitized by Google

le relais Preece et la perforation extra-rapide de M. Terrin, il nous paraît certain que sur l'immense ligne Paris-Moscou-Hélampo-Pékin, le transit *entier* de l'Extrême-Orient peut être assuré. En admettant que les Compagnies anglaises en retiennent une moitié, il est évident qu'on peut arriver à bref délai, à de notables réductions de tarifs. Or, c'est là le but vers lequel doivent tendre les efforts des administrations télégraphiques, autant pour le développement du commerce, que pour les services de toute nature, Marine, Colonies, Avertissements météorologiques, etc., etc. Il est toujours regrettable qu'on en soit réduit à économiser les mots lorsqu'il s'agit des nouvelles arrivant des stations lointaines, navales ou militaires, vers lesquelles se reportent tant de sollicitudes inquiètes. Dès lors qu'on le peut, on doit tendre à améliorer un tel état de chose. On le voit les moyens techniques ne manquent pas.

A défaut d'une action militaire (interdite cependant par les conventions internationales) contre les câbles du sud de la Chine par exemple, un accident grave, où un phénomène météorologique, peut rompre les communications du Céleste Empire avec le réseau général. Il pourrait être extrêmement fâcheux que cet immense territoire fut comme isolé du monde. Grâce à sa prévoyance, la Chine est à l'abri par ses lignes du Nord et de l'Est (Hélampo et Hunchun), d'un tel coup du sort. Elle n'est plus surtout, de même que la Corée, le Tonkin et l'Annam, forcée de recourir aux services d'une nation qu'elle peut ne pas compter au nombre de ses alliés. Elle a enfin fourni une arme économique et la moins meurtrière, la guerre de tarifs. Aux succès trop vantés de la « cavalerie de Saint-Georges » la doucereuse et patiente Chine a voulu répondre à armes égales. Elle a montré la voie à suivre aux administrations et au négoce européen.

Fig. 18. — Les deux routes télégraphiques de l'Extrême-Orient.

Les intéressés ont depuis deux ans fait le silence sur cette tentative.

Nous nous sommes efforcé de le rompre. Puissions-nous avoir réussi. P. MARCILLAC.

Digitized by Google

INDUCTANCE DES LIGNES AÉRIENNES POUR COURANTS ALTERNATIFS (1)

IV. — PROCÉDÉS POUR ABRÉGER LES CALCULS NUMÉRIQUES

1° *Calcul des inductances linéaires* (Inductances pour l'unité de longueur de la ligne.)— Les quantités qui interviennent dans tous les calculs précédents, c'est-à-dire les coefficients d'induction mutuelle M et d'auto-induction L contiennent dans leurs expressions des logarithmes népériens ; ce qui force à recourir aux tables de logarithmes. Pour dispenser de ce travail ceux qui ont à faire des calculs de ce genre, il suffit de dresser une fois pour toutes deux tables (table IV et table V)

TABLEAU IV

INDUCTANCE MUTUELLE

d Distance des axes des conducteurs en centimètres	*M* Inductance mutuelle linéaire en unités c. g. s.	Inductance mutuelle par kilomètre en millihenrys.
1	— 0,000	— 0,0000
10	4,605	0,4605
15	5,416	0,5416
20	5,991	0,5991
25	6,437	0,6437
30	6,802	0,6802
35	7,110	0,7110
40	7,377	0,7377
45	7,613	0,7613
50	7,823	0,7823
55	8,014	0,8014
60	8,188	0,8188
65	8,348	0,8348
70	8,496	0,8496
75	8,635	0,8635
80	8,764	0,8764
85	8,885	0,8885
90	8,999	0,8999
95	9,107	0,9107
100	9,210	0,9210
120	9,575	0,9575
150	10,021	1,0021
200	10,596	1,0596

(1) L'*Eclairage électrique*, du 10 novembre 1894, page 393.

TABLEAU V

SELF-INDUCTANCE

a Rayon du conducteur en 1/10 de millimètre.	*L* Self-inductance linéaire en unités c. g. s.	Self-inductance par kilomètre en millihenrys.
1	+ 9,710	0,9710
10	5,105	0,5105
15	4,294	0,4294
20	3,719	0,3719
25	3,273	0,3273
30	2,908	0,2908
35	2,600	0,2600
40	2,333	0,2333
45	2,097	0,2097
50	1,887	0,1887
55	1,696	0,1696
60	1,522	0,1522
65	1,362	0,1362
70	1,214	0,1214
75	1,075	0,1075
80	0,946	0,0946
85	0,825	0,0825
90	0,711	0,0711
95	0,603	0,0603
100	0,500	0,0500
120	0,135	0,0135
150	0,311	0,0311
200	0,886	0,0886

donnant pour l'unité de longueur de la ligne, les valeurs de M en fonction de la distance des actes des deux fils et de L en fonction du rayon du fil considéré ; ces tables ont été calculées à l'aide des formules

$$M = -2 \log d = -4{,}602 \log \text{ vulg } d$$

$$\text{et } L = \frac{1}{2} - 2 \log. a = 0{,}25 - 4{,}602 \log. \text{ vulg. } a$$

dans lesquelles *d* est la distance en centimètres, et *a* le rayon mesuré en dixièmes de millimètre, conformément à la décision de la Société d'Encouragement (1). Les valeurs de ces inductances dont les tables et les graphiques sont exprimées *en unités c. g. s, par centimètre de longueur* et en *milliheurys par kilomètre*. Je les ai représentées sous forme graphique par les deux courbes (fig. 22 et 23) dont les abscisses sont respectivement *d* et *a*, et les ordonnées M et L.

A l'aide de ces données on pout exécuter

(1) Il est facile de voir que les chiffres du second tableau ne diffèrent de ceux du premier que par l'addition d'une constante 9,71.

Digitized by Google

tous les calculs relatifs aux lignes simples et polyphasées de toutes formes.

Dans le cas particulier des lignes à 3 fils équilatérales, chaque fil a, comme on l'a vu, pour inductance apparente

$$A = L - M$$

L étant sa self-inductance et M l'inductance mutuelle de deux quelconques des conducteurs équidistants.

ductance totale est la somme des inductances A et A′ des 2 fils. Si ceux-ci sont égaux, l'inductance totale est 2 A; il suffit donc de doubler les chiffres précédents. Par exemple 2 fils de $\frac{15}{10}$mm. de diamètre, écartés de 20 cm. constituent une ligne monophasée ayant une inductance de 2,058 millihenrys par kilomètre (1).

2°. *Facteur de réactance.* — Si l'on prend

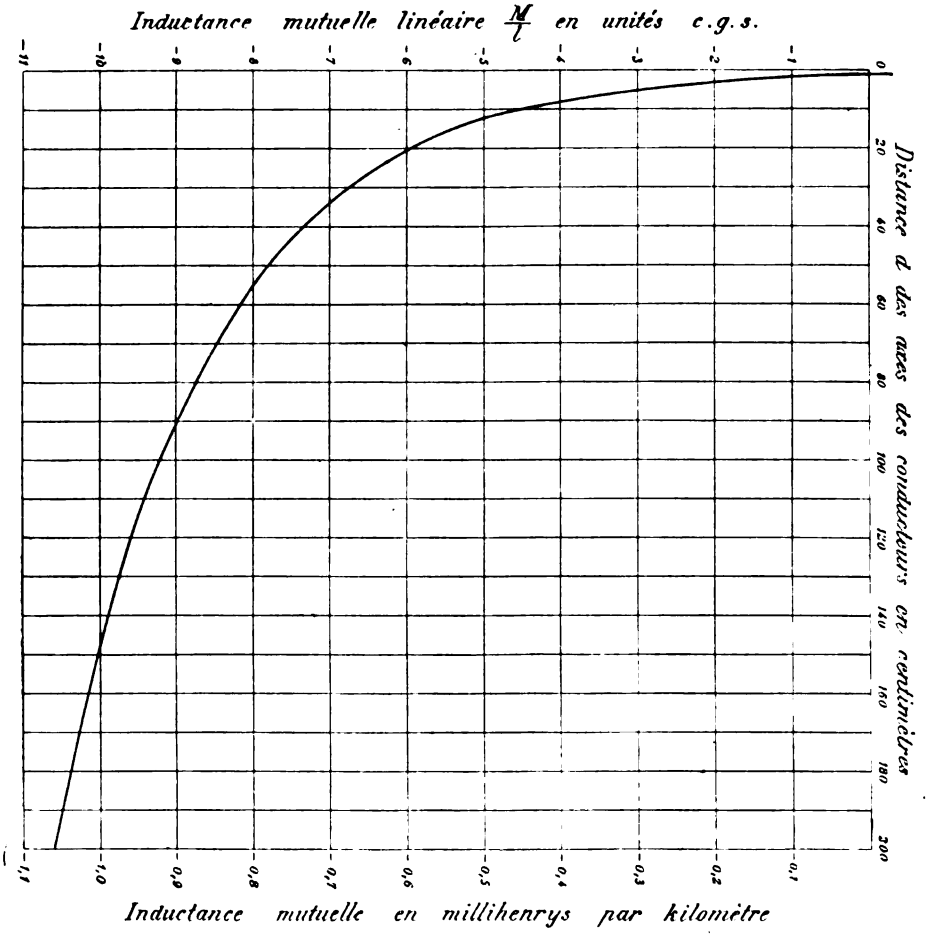


Fig. 22. — Graphiques des inductances mutuelles (les longueurs sont toutes négatives et comptées à partir de l'horizontale supérieure du cadre)

Il suffit donc de chercher les deux chiffres correspondants sur les graphiques et d'en faire la différence. Par exemple si $d = 20$ cm et $a = \frac{15}{10}$ de millimètre, on lit immédiatement

A = 0,430 + 0,599 = 1,029 millihenrys par kilomètre.

Pour les lignes monophasées à 2 fils, l'in-

le rapport de la réactance d'un circuit à sa résistance ohmique, on obtient un rapport intéressant, auquel je donnerai le nom de

(1) On trouvera d'autres tables sous une forme différente, mais, je crois, moins générale, dans un récent article de MM. Houston et Kennelly, *Electrical World*, 1894. Voir aussi le travail de M. Scott, cité plus haut.

Digitized by Google

« facteur de réactance. » Il est très utile, comme on va le voir tout à l'heure, d'avoir une table des valeurs de ce facteur pour l'étude des lignes monophasées ; la même table peut servir en même temps pour chaque conducteur d'une ligne à 3 fils équilatérale, puisque la résistance et l'inductance apparente sont toutes deux moitié de ce qu'elles seraient pour une ligne monophasée à 2 fils égaux.

Tous les aide-mémoire, en particulier le formulaire de M. Hospitalier, contiennent une table des produit πa et une table des carrés ; on a donc immédiatement la valeur de $(\pi a)^2$. L et M se déduisent des tables précédentes. Rien n'est donc plus facile que de calculer le facteur de résistance d'une ligne (on pourrait d'ailleurs en dresser facilement des tables à double entrée).

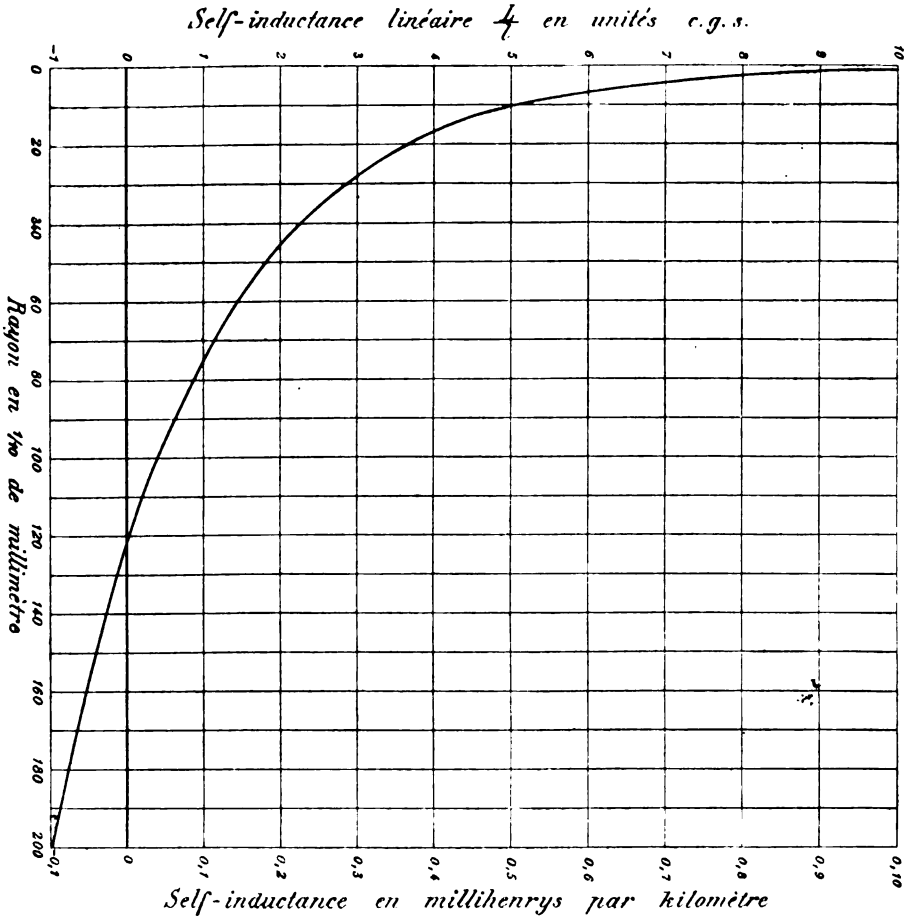


Fig. 23 — Graphique des self-inductances L (les longueurs sont comptées à partir de l'horizontale *oo*)

Pour une ligne monophasee on a :

$$\text{réactance } 2\pi nA = 1 + 4L\frac{d}{a}$$

$$\text{résistance } R = 2\frac{\rho l}{\pi a^2}$$

ρ étant la résistibilité, l. la longueur de chacun des deux fils et n la fréquence.

Le « facteur de réactance » m est le rapport

$$m = 2n\frac{\pi^2 a^2}{\rho}\left(\frac{1}{2} + 2L\frac{d}{a}\right) = 2n\frac{(\pi a)^2}{\rho}(L - M)$$

Exemple : ligne monophasée ou triphasée en fils de 8 mm. de diamètre écartés de 1 m. résistibilité 2 microhms centimètres, c'est-à-dire 2000 c. g. s. fréquence 120 ω.

On lit immédiatement

$$L - M = 2{,}333 + 9{,}210 = 11{,}543$$
$$\pi a = 1{,}257 \text{ cm. } (\pi a)^2 = 1{,}58$$
$$m = \frac{120}{2000} \times 1{,}58 \times 1{,}58 \times 11{,}543 = 2{,}18$$

La connaissance du *facteur de réactance* va

Digitized by Google

nous permettre de déterminer aisément le voltage au départ.

3° *Calcul du voltage au départ.* Supposons d'abord qu'il s'agisse d'une ligne à 2 fils monophasée. Les données pratiques d'un projet sont :

1. *Le voltage à l'arrivée* U et l'intensité du courant dans chaque fil I. (Valeurs efficaces).

rapport V, qu'on peut appeler facteur de survoltage et qui a pour expression d'après l'équation donnée audébut de cette étude, p. 244,

$$V = \frac{U'}{U + RI}$$

$$= \sqrt{[1 + (\cos\varphi - 1 + m \sin\varphi)\, p]^2 + (m\cos\varphi - \sin\varphi)^2 p^2}$$

$$= \sqrt{1 + 2\,(p - p^2)\,(\cos\varphi + m \sin\varphi - 1) + m^2 p^2}.$$

U' ne dépend donc que des 3 variables p φ et

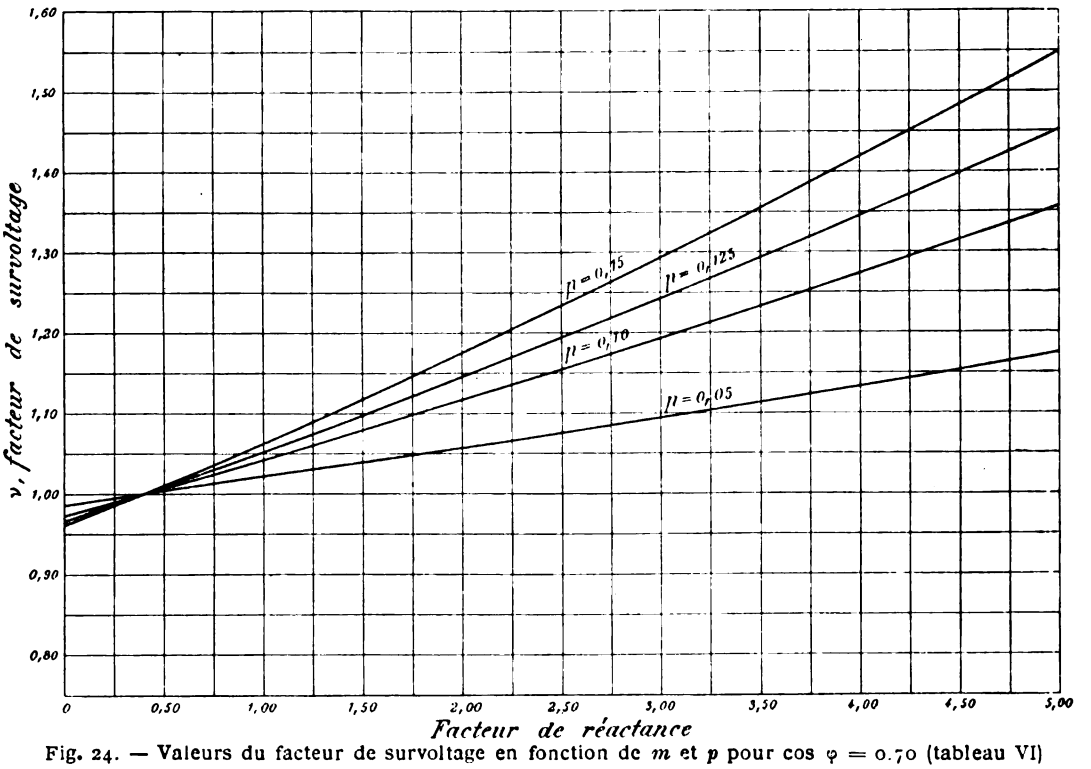


Fig. 24. — Valeurs du facteur de survoltage en fonction de m et p pour cos φ = 0.70 (tableau VI)

2. *La perte relative p* admise pour la transmission d'énergie

$$p = \frac{RI}{U + RI}$$

d'où l'on tire la résistance R de la ligne.

3. *Le facteur de puissance.* (cos φ) des organes récepteurs de l'énergie électrique.

4. La fréquence des courants n ou, ce qui revient au même, la pulsativité $\omega = 2\pi n$.

5. Le rayon a et l'écartement d des fils. Ceux-ci influent sur les valeurs de la résistance et de la réactance, et par suite sur leur rapport m.

S'il n'y avait pas d'inductance, le voltage au départ serait U + R I. L'effet de la réactance est d'augmenter ce voltage dans un certain

m, et ni la résistance ni l'inductance ne figurent plus dans la formule ; la constitution de la ligne n'influe plus que par une seule variable m.

Pour les comparaisons pratiques le nombre des valeurs admissibles pour p et φ est très restreint. On peut se contenter pour φ des 4 hypothèses

$$\cos\varphi = 0{,}70,\ 0{,}80,\ 0{,}90,\ 1{,}00.$$

J'ai dressé les 4 tableaux correspondants

Le tableau VI par la formule :

$$y = \sqrt{1 + 2\,(p - p^2)\,(0{,}714\,x - 0{,}30) + x^2 p^2}$$

Le tableau VII par

$$y = \sqrt{1 + 2\,(p - p^2)\,(0{,}599\,x - 0{,}20) + x^2 p^2}$$

Digitized by Google

Le tableau VIII par

$$y = \sqrt{1 + 2(p - p^2)(0{,}364\,x - 0{,}10) + x^2 p^2}$$

Le tableau IX par

$$y = \sqrt{1 + x^2 p^2}$$

Dans chacun je me suis contenté de considérer quatre valeurs de p comprises dans les limites pratiques : $p = 0{,}5$; $p = 0{,}10$; $p = 0{,}135$; et $p = 0{,}15$.

TABLEAU VI

FACTEURS DE SURVOLTAGE POUR COS $\varphi = 0{,}70$

	$p =$			
x =	0,05	0,10	0,125	0,15
0	0,985	0,972	0,966	0,961
0,25	0,994	0,989	0,987	0,985
0,50	1,005	1,006	1,008	1,010
0,75	1,012	1,023	1,029	1,035
1,00	1,021	1,041	1,052	1,062
1,50	1,039	1,078	1,095	1,117
2,00	1,057	1,115	1,144	1,172
2,50	1,075	1,153	1,193	1,233
3,00	1,094	1,192	1,242	1,293
3,50	1,113	1,232	1,293	1,353
4,00	1,133	1,273	1,345	1,418
4,50	1,152	1,315	1,398	1,483
5,00	1,172	1,356	1,451	1,548

TABLEAU VII

FACTEURS DE SURVOLTAGE POUR COS $\varphi = 0.80$

	$p =$			
x =	0,05	0,10	0,125	0,15
0	0,990	0,982	0,978	0,974
0,25	0,998	0,996	0,995	0,994
0,50	1,005	1,010	1,012	1,015
0,75	1,014	1,029	1,033	1,037
1,00	1,020	1,040	1,050	1,060
1,50	1,035	1,071	1,089	1,108
2,00	1,051	1,104	1,131	1,159
2,50	1,067	1,138	1,175	1,213
3,00	1,083	1,173	1,226	1,268
3,50	1,100	1,209	1,267	1,326
4,00	1,117	1,246	1,315	1,385
4,50	1,135	1,285	1,364	1,446
5,00	1,152	1,324	1,414	1,508

TABLEAU VIII

FACTEURS DE SURVOLTAGE POUR COS $\varphi = 0{,}90$

	$p =$			
x =	0,05	0,10	0,125	0,15
0	0,995	0,991	0,989	0,987
0,25	1,000	1,001	1,001	1,002
0,50	1,006	1,011	1,014	,017
0,75	1,013	1,023	1,028	1,034
1,00	1,020	1,039	1,043	1,052
1,50	1,037	1,059	1,075	1,092
2,00	1,055	1,085	1,109	1,134
2,50	1,075	1,114	1,146	1,180
3,00	1,098	1,143	1,185	1,229
3,50	1,121	1,174	1,226	1,280
4,00	1,147	1,206	1,268	1,333
4,50	1,174	1,240	1,313	1,389
5,00	1,203	1,274	1,358	1,446

TABLEAU IX

FACTEURS DE SURVOLTAGE POUR COS $\varphi =$

	$p =$			
x =	0,05	0,10	0,125	0,15
0	1,000	1,000	1,000	1,000
0,25	1,000	1,000	1,000	1,000
0,50	1,000	1,001	1,001	1,001
0,75	1,000	1,002	1,004	1,006
1,00	1,001	1,004	1,007	1,011
1,50	1,003	1,011	1,015	1,025
2,00	1,004	1,019	1,030	1,044
2,50	1,007	1,030	1,047	1,068
3,00	1,011	1,044	1,063	1,096
3,50	1,015	1,060	1,091	1,129
4,00	1,019	1,977	1,118	1,166
4,50	1,025	1,096	1,147	1,206
5,00	1,030	1,118	1,179	1,250

Pour chacune de ces valeurs j'ai calculé U′ en fonction de m. Les chiffres de chaque colonne d'un tableau définissent une courbe que j'ai tracée, de façon à obtenir les quatre graphiques des figures 24, 25, 26, 27, correspondant chacun à une valeur particulière de $\cos\varphi$. L'ensemble des 4 courbes de chaque graphique définitif en projections cotées une surface représentant la fonction U′ en fonction de 2 variables p et m.

Dès qu'on se donne pour une ligne la perte d'énergie admise, le facteur de puissance et le

Digitized by Google

facteur de réactance, on obtient donc immédiatement par simple lecture sur les épures, le facteur $\frac{U'}{U+RI}$ par lequel il faudra multiplier le voltage qu'on devrait avoir au départ en ne tenant compte que de la résistance ohmique.

Quant à la valeur du facteur de réactance, m qui intervient ici, on la déduit des données de construction de la ligne par les procédés indiqués au paragraphe précédent (fig. 24).

Application. — L'usage des tables et des plus faciles ; un exemple montrera la façon de s'en servir. Soit une ligne pour transport de force par courants monophasés ($n' = 120$), formée de deux fils de 8 mm. de diamètre distants de 1 m 00 d'axe en axe ; soit 5000 volts le voltage efficace de distribution à l'arrivée, 10 0/0 la perte d'énergie admise en ligne à pleine charge et $\cos\varphi = 0{,}80$ le facteur de puissance des réceptrices. Enfin soit $\rho = 1{,}8$ microhms-centimètres. On demande quel sera le voltage au départ à pleine charge.

La méthode précédente donne pour valeur de m le chiffre 2,180. On cherche la valeur correspondante du coefficient de survoltage v sur l'épure figure 25 relative à $\cos\varphi = 0{,}80$ sur la courbe $p = 0{,}10$. On trouve ainsi $v = 1{,}12$, et par suite $U' = 1{,}10 \times 1{,}12 \times 5000 = 6160$ volts.

Ces tables, qui peuvent suffire aux besoins courants des avant-projets, rendent les comparaisons très rapides et moins fastidieuses. Les quatre dernières peuvent s'utiliser même si la réactance provient en partie de la capacité. Elles s'appliquent aussi aux lignes triphasées en prenant comme résistance celle d'*un seul conducteur*.

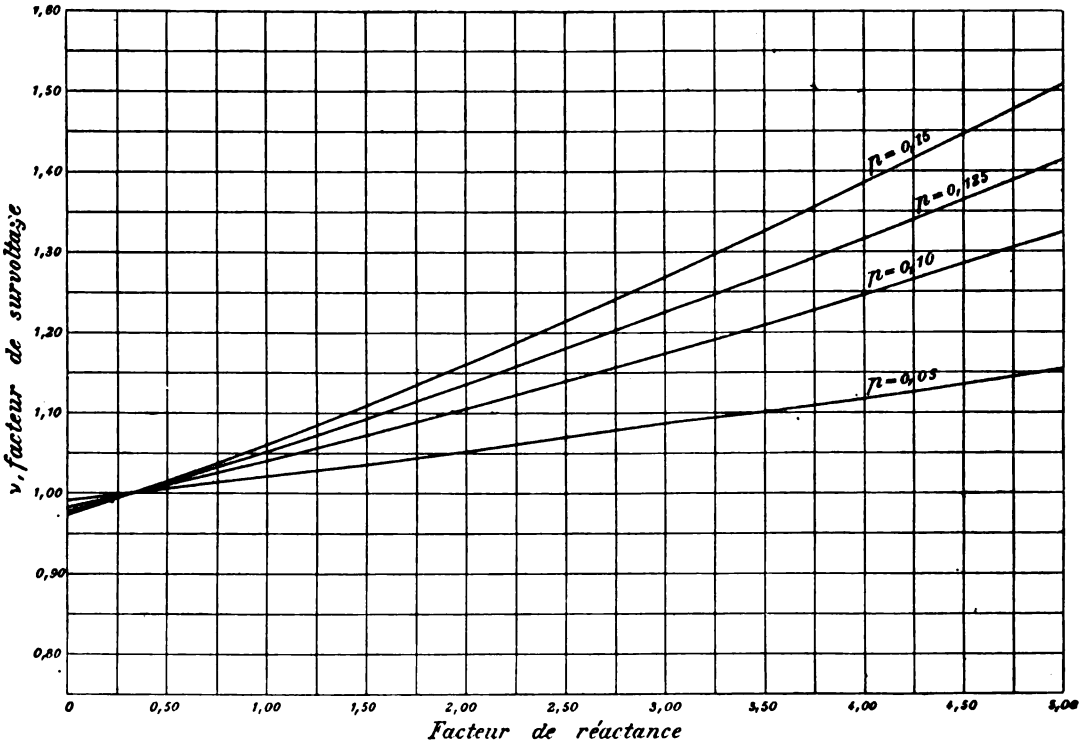


Fig. 26. — Valeurs du facteur de survoltage pour $\cos\varphi = 0{,}80$ (tableau VII)

Résumé et Conclusion

En résumé, j'ai établi d'abord dans cette étude les formules générales et les solutions graphiques qui permettent de traiter tous les cas pratiques des lignes polyphasées ; les calculs peuvent se faire à peu près aussi facilement que pour les lignes monophasées, en

Digitized by Google

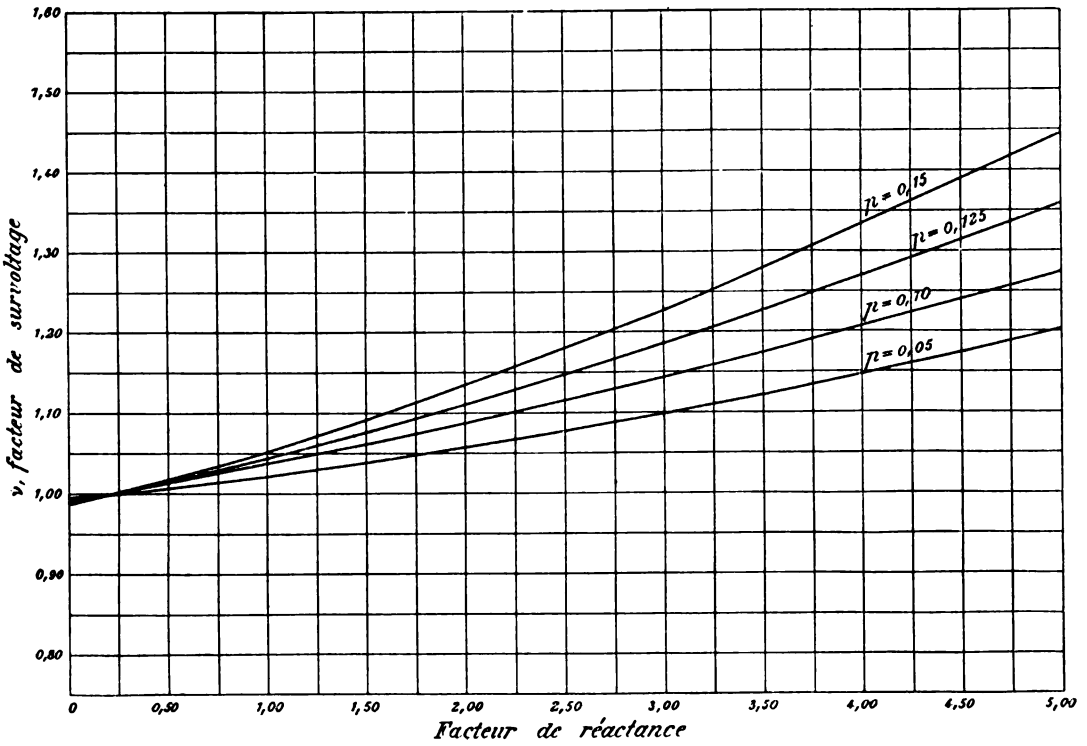


Fig 26. — Valeurs de facteur de survoltage en fonction de m et p, pour cos $\varphi = 0{,}90$ (tableau VIII)

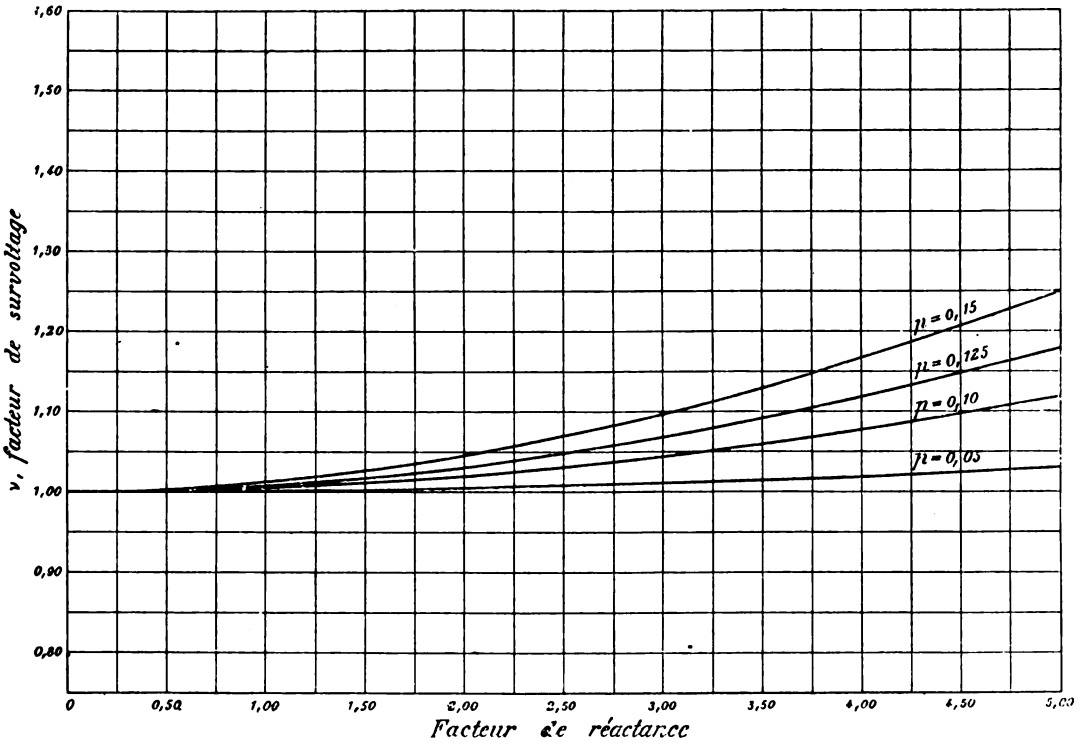


Fig. 27. — Valeurs de survoltage en fonction de m et p pour cos $\varphi = 1$ (tableau IX)

Digitized by Google

supposant simplement la force électromotrice réactive décalée non de $\frac{\pi}{2}$ mais de $\frac{\pi}{2} + \varepsilon$. (Ce qui revient à imaginer une réactance fictive oblique).

Puis j'ai fourni les éléments et les exemples nécessaires à la comparaison des divers systémes de lignes alternatives au point de vue des voltages perdus. Cette comparaison, comme on l'a vu, est beaucoup plus complexe qu'on ne le croit généralement; pas plus que l'économie de cuivre, l'économie d'inductance ne peut être chiffrée d'une manière absolue, et c'est essentiellement une question d'espèce. Il est cependant établi : 1° que les lignes à 3 fils équilatérales sont les meilleures ; mais qu'en général, la dissymétrie introduite par l'emploi de 3 fils dans un même plan est peu sensible.

2° Que les lignes triphasées présentent une inductance en général négligeable, en tout cas plusieurs fois inférieure à celle d'une ligne monophasée de même puissance, et qu'elles sont préférables aux lignes diphasées.

3° Que celles-ci doivent être classées entre les deux autres au point de vue de l'inductance, mais qu'elles présentent, même à égalité de charge, une dissymétrie de voltage importante, qu'on semble trop ignorer et qui constitue une infériorité, au moins théorique, du système diphasé dans les transports à longue distance ; d'ailleurs, cette application n'aurait plus de raison d'être aujourd'hui qu'on sait *convertir* à l'arrivée et au départ les courants triphasés en diphasés, car elle entraîne une dépense supplémentaire de cuivre absolument inutile.

Enfin, j'ai dressé des tables de calcul rapide des survoltages basées sur la considération nouvelle des facteurs de réactance, qui me paraissent pouvoir rendre des services pratiques à ceux qui ont à faire des projets de transmission par courants alternatifs, en leur permettant d'apprécier d'un coup d'œil l'effet qu'ils ont à craindre de la réactance pour les diverses valeurs pratiques du facteur de puissance des organes récepteurs.

L'importance de ces effets d'induction, faible tant qu'on opère à basse fréquence, comme dans l'exemple que j'ai choisi en Europe, peut, comme on l'a vu ensuite, devenir considérable pour les lignes monophasées aux fréquences élevées que l'on emploie en Amérique ; mais les lignes triphasées échappent à cet inconvénient et leur supériorité reste incontestable à ce point de vue comme à celui du poids du cuivre ; l'intérêt pratique de cette conclusion m'a paru justifier le développement des considérations précédentes malgré l'aridité qu'elles présentent forcément dans le détail des calculs.

ANDRÉ BLONDEL.

ELECTROCHIMIE (1)

Première réunion annuelle de la Société électrochimique allemande à Berlin.

SUR LES APPLICATIONS DE L'OZONE DANS L'INDUSTRIE, PAR M. O. FRŒLICH

M. Frœlich dit qu'il se bornera à signaler les applications qui ont reçu la sanction de la pratique.

Les appareils dont l'auteur s'occupe sont ceux qui avaient été exposé à Francfort en 1891, il a reconnu que pour la production de l'ozone il faut renoncer aux grands appareils, le rendement étant loin d'être proportionnel aux dimensions, il s'est borné à perfectionner les anciens tubes à ozone de Siemens; il apprécie surtout le tube à clinquant comme étant l'une des formes qui occasionne le moins de dépense d'énergie et qui convient le mieux pour l'exploitation en grand. C'est essentiellement un tube métallique recouvert de mica sur lequel on peut insérer un tube de mica recouvert d'une enveloppe mécanique; l'air à ozoniser passe entre les deux tubes, le tube métallique et le revêtement extérieur étant reliés à la source du courant. L'avantage de cet appareil est d'être facilement démonté.

L'auteur décrit ensuite un tube à ozone qui ne diffère du précédant qu'en ce que les

(1) *L'éclairage Electrique* du 17 novembre 1894.

Digitized by Google

métaux sont remplacés par de l'eau. L'appareil se compose donc de deux tubes concentriques en verre, le tube intérieur étant rempli d'eau, le tube extérieur étant plongé dans de l'eau, l'air à ozoniser circulant dans l'espace annulaire. L'avantage de cette dernière forme est la transparence qui permet d'observer la lueur bleue apparaissant lors de la production de l'ozone.

On sait que pour la production de l'ozone il faut faire passer entre les deux tubes des décharges obscures; on y arrive par le courant alternatif à haute tension. Pour atteindre ce but on ne peut pas se servir d'un courant alternatif ordinaire, puisque la forme affectée par le courant intervient indépendamment de l'énergie électrique et que la production de l'ozone, pour une même dépense d'énergie, est très différente selon la courbe du courant alternatif. M. Frœlich a combiné, pour obtenir le meilleur résultat, des machines d'une construction très simple, mais sur lesquelles il ne donne pas de détails, pas plus que sur la forme la plus avantageuse qu'il faut donner au courant. Il se borne à dire que la vitesse de rotation ne doit pas trop varier.

Les mesures qu'il faut effectuer dans la pratique se bornent à la mesure de la tension aux bornes des tubes à ozone.

Au fur et à mesure que la production de l'ozone augmente, grâce à la perfection des machines et des appareils, l'échauffement du diélectrique, le mica ou le verre, selon l'appareil employé augmente. Dans les anciens appareils de laboratoire les tubes ne s'échauffent pas, ici, au contraire, pour refroidir il faut se servir d'un courant d'eau.

Observations générales relatives aux applications chimiques. L'auteur dit qu'il est quelquefois avantageux de donner aux substances à ozoniser, soit la forme d'une solution, soit celle d'une émulsion. En outre, on peut faire combiner l'action de l'ozone avec celle d'autres corps, du chlore, par exemple. Il est quelquefois utile de renforcer l'action de l'ozone par celle de l'essence de térébenthine ou de l'ammoniaque. Lorsqu'on fait de l'ozone, à travers de l'essence de térébenthine il se forme d'épaisses fumées blanches dont la composition chimique n'est pas déterminée et qui exercent une action de blanchiment très énergique, de sorte que quand on plonge dans de l'essence de térébenthine le corps à blanchir et quand on porte ensuite le tout dans un espace rempli d'ozone, le corps se blanchit rapidement.

Quand, en outre, on plonge le corps à blanchir dans une solution d'ammoniaque et qu'on fait ensuite agir de l'ozone il se forme principalement de l'azotite d'ammoniaque lequel exerce l'action blanchissante.

M. Frœlich fait remarquer que le cheval-heure ne produit guère que 20 grammes d'ozone, dont le tiers seulement agit chimiquement, tandis qu'avec la même dépense d'énergie on obtient 70 grammes d'oxygène par la décomposition électrolytique de l'eau. Par suite l'emploi de l'ozone n'est indiqué que dans le cas où la substance à obtenir possède une certaine valeur ou bien lorsqu'on ne peut pas l'obtenir autrement ou encore lorsqu'il s'agit d'accroître la valeur d'un corps existant déjà, comme cela arrive dans le blanchiment.

Stérilisation. — Un emploi nouveau dans la pratique, c'est celui qui consiste à utiliser l'action destructive rapide de l'ozone sur les bacilles. Cette propriété a été étudiée par le docteur Ohlmüller, qui a trouvé qu'en présence de corps oxydables l'ozone commence par s'attaquer à eux et qu'il n'agit sur les bacilles, — ceux du choléra, du typhus, du charbon, etc. — qu'après avoir épuisé son action oxydante.

L'ozone alors détruit radicalement les bacilles. Il *pourrait* donc être employé, à ce que suggère l'auteur, pour purifier les grands réservoirs d'eau et même les grands cours d'eau. Il suffirait pour cela de faire arriver l'ozone par des tuyaux à grenouillère au fond de ces réservoirs ou de ces cours d'eau. Cet emploi cependant ne serait pas économique et l'auteur estime que cette application serait

Digitized by Google

presque superflue ; *puisque* la médecine moderne possède de nombreux moyens de combattre les maladies produites par les bacilles, il n'y aurait pas lieu d'attaquer ceux-ci dans leur repaire. Il nous semble toutefois que, si cette conclusion est de nature à plaire aux médecins, les hygiénistes, eux, ne s'en contenteraient point.

Ventilation. — Du travail du docteur Ohlmüller il résulte que l'ozone attaque peu les bacilles qui se trouvent dans l'air et sur les murailles; l'ozone ne conviendrait donc pas dans les hôpitaux. Cependant on peut se demander si l'on ne pourrait pas, au moyen de l'ozone, assainir l'air corrompu des théâtres, des écoles, etc.

L'ozone pur ou bien l'air pur ozonisé diffère complètement de l'air des forêts, réputé pourtant contenir de l'ozone ; l'ozone pur, ne contenant ni azotite d'ammoniaque, ni eau oxygénée, ni d'autres substances, sent le moisi et même très dilué, il n'est ni agréable, ni rafraichissant; à l'état concentré il affecte les organes respiratoires à peu près comme fait le chlore. L'odeur du linge fraîchement lavé diffère totalement, elle aussi, de l'odeur de l'ozone.

L'ozone ne convient donc pas pour la ventilation des locaux habités; pour remédier à ces inconvénients on a essayé en Amérique, et avec succès paraît-il de mélanger à l'ozone d'autres gaz, des vapeurs, des huiles essentielles, etc.

Phylloxera. — Des essais ont été faits avec un appareil mobile qu'on reliait à des tubes de fer perforés latéralement, que l'on introduisait dans le sol. L'ozone tue le phyloxera là où il le rencontre. Mais comme il est difficile d'atteindre toutes les racines, les expériences n'ont pas donné des résultats très favorables.

M. Vogel faisant remarquer qu'à la dose de 6 o/o l'ozone exerce déjà une action dangereuse sur l'organisme humain, demande à l'auteur si l'action de l'ozone sur les racines ne pourrait pas nuire au développement de la plante. M. Frœlich répond que les expériences ont été continuées dans les vignobles pendant des mois entiers sans qu'on ait remarqué la moindre influence défavorable; d'ailleurs ajoute-t-il, certains insectes résistent parfaitement à l'action de l'ozone.

Spiritueux.—L'auteur a trouvé que les vins légers et aigrelets sont peu modifiés, mais que l'ozone transforme les vins doux ainsi que les liqueurs.

Tabacs et cafés. — Le docteur Erlwein a constaté que l'ozone améliore l'arome du café et du tabac. L'ozone fait disparaître la mauvaise odeur que les grains pourris communiquent à des chargements entiers de café, mais en altérant la couleur des grains, qui devient plus terne et enlève une certaine valeur au produit.

Acide nitrique. L'auteur présente à l'assistance un azotate dont l'acide azotique a été préparé à l'aide de l'air traversant le tube à production d'ozone. Bien qu'actuellement ce procédé ne semble pas être appelé à une exploitation industrielle — vu le prix peu élevé du salpêtre naturel — le fait qu'on puisse produire de l'acide nitrique à l'aide de l'air n'en est pas moins intéressant.

Bois. M. René, fabricant de pianos à Stettin emploie l'ozone depuis 1881 pour durcir et vieillir le bois qui sert à la fabrication des parties sonores des pianos. L'idée de cette application lui a été suggérée par le fait connu du vieillissement et de l'amélioration du bois exposé à l'air. L'action est obtenue en 12 ou 24 heures suivant les cas. L'auteur suppose que ce résultat est dû à une modification des résines contenues dans le bois. Le bois ainsi traité est en quelque sorte durci et il résiste bien mieux aux variations de température.

Huile de lin. L'ozone tend à épaissir l'huile de lin, de sorte que dans la fabrication du linoleum on obtient en quelques jours la solidification de l'huile que l'on fait couler sur la toile suspendue, action qui autrefois exigeait des mois entiers.

Blanchiment du lin. Depuis longtemps déjà on fait des expériences en vue d'obtenir

Digitized by Google

au moyen de l'ozone le blanchiment des matières textiles. M. Frœlich dit qu'avant les expériences qu'il a faites plusieurs années durant, en collaboration avec MM. Keiferstein, propriétaires d'établissements de blanchiment à Greiffenberg en Silésie, on n'avait pas obtenu de résultats industriels. Depuis un an ces messieurs obtiennent le blanchiment de 500 kilogrammes de lin environ par jour.

On savait déjà que l'ozone ne convenait pas seul, que la consommation d'ozone était trop considérable, la durée de l'opération trop grande et que la solidité des fibres diminuait. On recourait donc, après le traitement préliminaire par la lessive de soude, par l'acide etc., à des traitements successifs par le chlorure de chaux et par l'exposition sur des prairies. L'auteur a eu l'idée de remplacer cette dernière opération par le blanchiment à l'ozone en laissant subsister le reste. Il a constaté que dans le blanchiment par l'ozone comme dans le blanchiment par le chlorure de chaux, le maximum d'action se produit au commencement de l'opération, mais qu'ensuite, tandis que l'action de blanchiment s'affaiblit, l'action destructive augmente et que la manière d'opérer la plus avantageuse est de faire se succéder rapidement ces deux opérations en leur donnant à chaque fois leur maximum d'intensité.

Un perfectionnement considérable consiste à traiter préalablement le fil par certaines substances : à le tremper par exemple dans des solutions faibles d'acide chlorhydrique ou d'ammoniaque ou dans de l'essence de térébenthine. On augmente ainsi considérablement l'effet de blanchiment sans action destructive. Ce procédé dans lequel on remplace le blanchiment sur les prairies par le blanchiment à l'ozone, diffère du premier en ce qu'il ne fait intervenir que l'ozone et en ce que cet ozone est concentré, tandis qu'autrement l'ozone est mélangé d'azotate d'ammoniaque et d'eau oxygénée, tous ces corps, du reste, étant très dilués.

L'auteur décrit ensuite l'installation qu'il a réalisée.

Le traitement préliminaire étant le même que pour le blanchiment sur les prairies, on imbibe ensuite le fil à blanchir avec l'une des matières mentionnées plus haut, et on le suspend dans la chambre à ozone ; on fait arriver l'ozone et on ferme la chambre. Au bout de 6 ou 7 heures on retire le fil et on le soumet à un second traitement mais faible ; quand le fil est sec il est blanchi aux trois-quarts ; pour pousser plus loin on n'a qu'à renouveler plusieurs fois le traitement alternatif par le chrorure de chaux et par l'ozone.

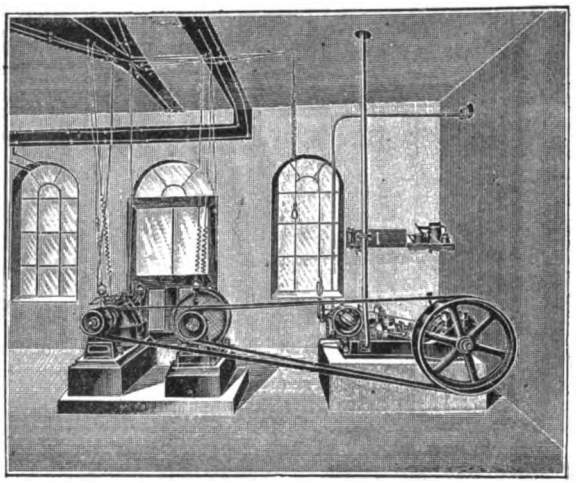


Fig. 1. — Usine de blanchiment à l'ozone de Greiffenberg (machines et dynamos).

Le fil ainsi obtenu présente sous le rapport de la couleur et de la solidité les mêmes propriétés que les fils blanchis sur les prairies. Le grand avantage du nouveau procédé sur l'ancien, consiste en ce que l'on opère dans des locaux fermés et que par conséquent on ne dépend plus de la saison et du temps, ce qui permet de livrer les fils blanchis à une époque fixée d'avance. De plus on réduit la durée de l'opération au tiers.

Les figures 1, 2 et 3 représentent l'installation des machines, des appareils à ozone et la chambre à ozonisation à Greiffenberg.

Cire. D'après l'auteur, cette cire se blanchit

Digitized by Google

parfaitement et plus facilement par l'ozone que par l'exposition directe au soleil.

Dérivés de l'amidon. L'ozone peut intervenir d'une manière très efficace, paraît-il, dans la préparation et le traitement de ces produits. On arrive ainsi à perfectionner des dérivés déjà connues et même à obtenir des dérivés nouveaux. Dans toutes ces opérations, l'ozone détruit les substances colorantes étrangères et celles qui altèrent soit le goût soit l'odeur. L'auteur cite l'amidon soluble qui est blanc, qui forme avec l'eau chaude une solution claire et qui met plusieurs jours à se prendre

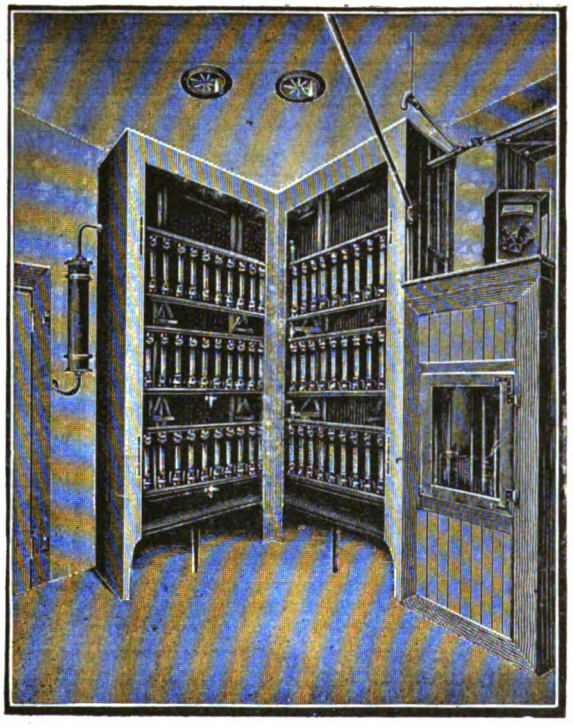


Fig. 2. — Appareils à ozone.

en une masse solide. Il cite aussi un produit nouveau tout particulier : c'est un amidon soluble qui possède la consistance du beurre, qui donne, comme le beurre, un liquide clair lorsqu'on le chauffe et qui, dissous dans l'eau, bouillante se prend très lentement par le refroidissement. Il cite des variétés spéciales de dextrine, etc., l'une d'elles possède des propriétés agglutinatives bien plus considérables que celle de la gomme arabique ; plusieurs de ces produits peuvent être employés pour la pâtisserie, un autre remplacerait pour l'empesage du linge l'amidon de riz beaucoup plus cher. Diverses variétés de dextrine peuvent être employées dans la teinturerie, notamment dans l'impression sur étoffe, comme agent d'épaissement par exemple, surtout quand il s'agit de matières délicates, attaquables par les acides faibles.

Il paraît qu'un industriel, M. Conrad installe en ce moment à Kyritz une usine pour la fabrication de ces produits.

A propos de cette communication, M. Nernst présente les très intéressantes observations qui suivent :

D'après la théorie électromagnétique de la lumière, on ne peut considérer l'ozonisation que comme un phénomène photochimique

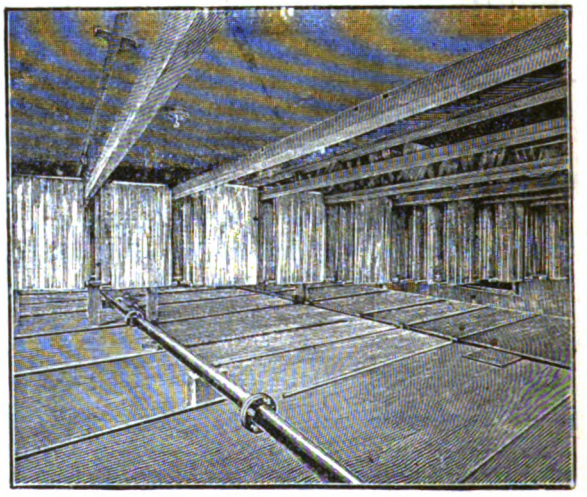


Fig. 3. — Chambre à ozonisation.

analogue à la décomposition du chlorure d'argent par la lumière. En effet, dans les phénomènes photochimiques les ondes efficaces ont une longueur déterminée. Il demande à M. Frœlich s'il a eu l'occasion de constater que certaines longueurs d'onde soient particulièrement efficaces pour la production de l'ozone ; la chose, dit-il, peut avoir une importance pratique ; si en effet on parvenait à déterminer,

Digitized by Google

ce qu'on pourrait appeler le spectre d'absorption électrique de l'oxygène, on serait à même de ne faire agir pour la préparation de l'ozone que des ondes électriques actives et dans ces conditions on ne pourrait manquer d'obtenir un rendement infiniment plus considérable. Certes il est difficile d'obtenir des ondes électriques qui soient pures, et qui n'aient plus trace des ondulations propres des appareils, mais cette difficulté donnerait d'autant plus d'intérêt à des renseignements de ce genre.

M. Frœlich répond que, quand le dégagement de l'ozone est considérable, la couleur de l'effluve électrique est d'un beau bleu, mais que quand cette production n'est pas normale, il s'ajoute des étincelles jaunes ou blanches à la lueur bleue. Il pense que ces étincelles accompagnent une transformation inverse de l'ozone en oxygène. Quant à régler la longueur des ondes du courant alternatif que produit l'ozone sur la longueur d'onde de la lumière bleue accompagnant l'ozone, l'auteur dit que les appareils ne permettent pas d'arriver à ce résultat. Il a d'ailleurs observé qu'avec une même dépense d'énergie, le produit en ozone augmente avec le nombre d'alternances, mais qu'elle semble tendre vers un maximum qui est très éloigné de celle dépendant du nombre d'alternances correspondant à la lueur bleue.

SUR UNE SOURCE DE COURANT POUR L'ANALYSE ELECTROLYTIQUE PAR M. HEIM

L'auteur examine le cas assez fréquent où, pour faire des analyses électrolytiques on ne dispose pas d'une source continue de courant, facilement abordable, comme par exemple une canalisation électrique reliée à une station centrale. Même sans cette canalisation, on peut se servir d'accumulateurs. Il suffit de les charger par des éléments à sulfate de cuivre. Les accumulateurs offrent l'avantage qu'ils peuvent fournir un courant beaucoup plus intense que ces éléments employés seuls, avantage qu'on a souvent l'occasion d'utiliser lorsqu'on a plusieurs analyses à faire à la fois ; deux accumulateurs en tension fournissent d'ailleurs la force électromotrice nécessaire à la plupart des analyses. On trouve maintenant des modèles de ces éléments très pratiques et d'une surveillance facile, par suite de la grande consommation qu'on en fait en télégraphie.

Un courant de 0,5 ampère suffit pour les analyses, d'après les indications de Classen. Pour 2 ou 3 analyses à la fois, il suffit donc d'un accumulateur pouvant fournir 1 à 2 ampères. L'élément à sulfate de cuivre, modèle des télégraphes allemands, peut fournir un courant de 0,2 ampère en court circuit ; il faut une douzaine de ces éléments. D'après l'auteur, le prix d'entretien en produits chimiques d'une pareille installation serait d'une centaine de francs par an.

M. Le Blanc préconise au contraire l'emploi de la pile thermo-électrique, qui d'après lui, peut fournir de bons résultats.

Les avantages des accumulateurs sont contestés par M. Liebenow, dès que le courant dont on a besoin ne doit pas s'interrompre, cas assez fréquent.

SUR UN PERFECTIONNEMENT DANS LES LAMPES A INCANDESCENCE PAR M. BOLTON

D'après M. Bolton, la fabrication des filaments et des attaches des lampes entre dans le domaine de l'électrochimie.

L'auteur s'est principalement occupé d'éviter par une autre disposition l'emploi des fils de platine. Il s'est appuyé sur la propriété que possède l'aluminium très divisé de s'oxyder rapidement à l'air. Il emploie de l'aluminum amalgamé, non par le mercure métallique, mais par un sel de ce métal. Aussitôt après avoir traité l'aluminium par la solution mercurielle, on aperçoit qu'il se développe une espèce de mousse très fine, c'est de l'oxyde d'aluminium. Cet oxyde, fortement comprimé, fournit une masse imperméable à l'air. C'est cet oxyde d'aluminium qui constitue l'obturateur de l'ampoule de la lampe.

Voici comment opère l'auteur : Dans un tube de verre assez fort, on place un morceau

Digitized by Google

d'aluminium, on chauffe le tout à la lampe et on étire le tube dont le métal fondu ne peut plus s'échapper. On arrive ainsi à faire des fils d'aluminium plus ou moins rugueux, entourés d'une gaîne de verre et d'un diamètre d'environ 3/4 de millimètre.

On dispose ces fils entourés de leur enveloppe de verre A (fig. 1), dans un morceau de

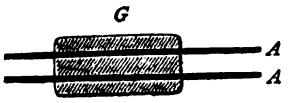


Fig. 1.

verre épais G, et on chauffe le tout à la lampe ; le verre se soude et l'aluminium fond à nouveau, mais l'enveloppe l'empêche de se répandre au dehors.

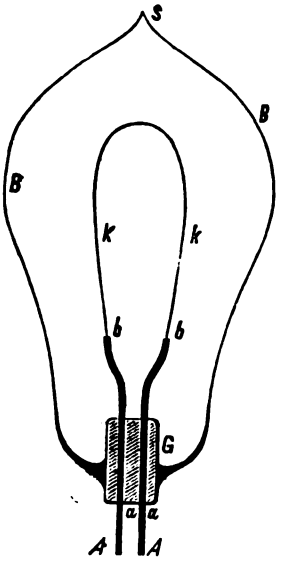


Fig. 2.

La figure 2 montre la lampe terminée. Les fils d'aluminium A arrivent en *b* et y sont soudés au filament *k*. L'ampoule B est soudée au verre G contenant les fils d'attache dont la figure 3 montre le détail. En faisant le vide par la pointe S, une certaine quantité d'air pénètre entre l'aluminium A et le verre G (fig. 3), puisque les coefficients de dilatation du verre et de l'aluminium ne sont pas les mêmes. Pour obtenir une fermeture hermétique il suffit de mettre en A une goutte d'une solution concentrée de chlorure de mercure ; cette gouttelette s'étend par l'aspiration de l'air, entre l'aluminium et le verre ; l'aluminium est ainsi amalgamé et oxydé. Cet oxyde est comprimé par la pression de l'air entre le verre et l'aluminium, et forme d'après l'auteur, une fermeture absolument hermétique. Dans la figure 3 cet oxyde est indiqué par la lettre O.

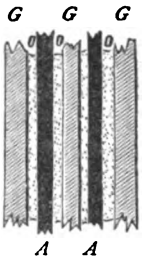


Fig. 3.

Ce dispositif reviendrait à un prix insignifiant et conserverait à l'industrie des quantités considérables de platine, actuellement perdues pour les attaches des lampes à incandescence.

P.-H. LEDEBOER.

(*A suivre.*)

EXTRAITS
DE LA PRESSE INDUSTRIELLE
COMMUNICATIONS

Courbes de force électromotrice et d'intensité de courant d'un alternateur Wilde par M. J. Frith (1).

Les expériences rapportées plus loin ont été effectuées dans le but de rechercher jusqu'à quel point la force électromotrice et le courant produits par une machine à courants alternatifs concordent avec les courbes déduites de la théorie, et de déterminer, dans le cas où ces courbes ne sont pas des sinusoïdes, combien de termes de la série de Fourier il faut prendre pour obtenir la coïncidence. On a trouvé que pour un alternateur dont l'armature contient du fer, il faut prendre au moins trois termes de

(1) Proceedings of the Manchester Philosophical Society.

Digitized by Google

la série de Fourier, le troisième terme étant important, tandis que le coefficient du second est, dans la plupart des cas, assez faible.

Description de la machine (fig. 1). L'alternateur Wilde employé pour ces expériences, se compose de deux couronnes de fonte placées en face l'une de l'autre ; à l'extérieur de ces couronnes on a fixé de chaque côté, les six bobines inductrices en fer sur lesquelles on a enroulé le fil. C'est entre ces bobines que tourne l'armature composé de six bobines en fer creux, analogues aux premières, et maintenues en place à l'aide de deux disques en laiton boulonnées sur l'axe. Les six bobines de

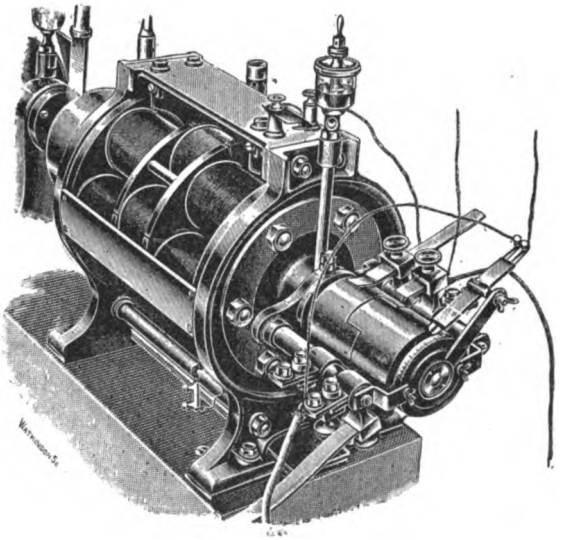


Fig. 1. — Alternateur Wilde.

l'armature sont reliées en série au commutateur.

Principe du contact intermittent. A l'extrémité de l'axe, à côté du commutateur, on a fixé un disque en ébonite, dans laquelle on a pratiqué une rainure, large de 1 1/2 millimètre, destinée à recevoir un morceau de cuivre, et travaillé au tour ensemble avec le disque en ébonite. Deux balais placés côte à côte frottent sur ce disque; de cette façon les deux balais sont en contact métallique pendant un instant à chaque révolution, tout un restant isolés du reste de la machine (fig. 2). Un de ces balais étant relié à l'un des pôles de la dynamo, et l'autre à l'une des paires de quadrants d'un électromètre dont l'autre paire est reliée à l'autre pôle de la machine, l'électromètre se trouve relié aux pôles de la machine en un point déterminé de la révolution de l'armature. Ce point est connu ; on peut le changer en tournant le disque en ébonite.

Dispositif pour obtenir les courbes de courant. L'arrangement précédent donnerait les courbes de la force électromotrice aux pôles de la machine. Pour obtenir les courbes de courant on s'appuie sur le fait que le courant, dans une résistance non-inductive, a la même phase, et est proportionnel à la différence de potentiel aux bornes de cette résistance. Par conséquent, si on relie l'électromètre par le même contact intermittent aux bornes d'une résistance ohmique, on peut obtenir ainsi la forme de la courbe du courant.

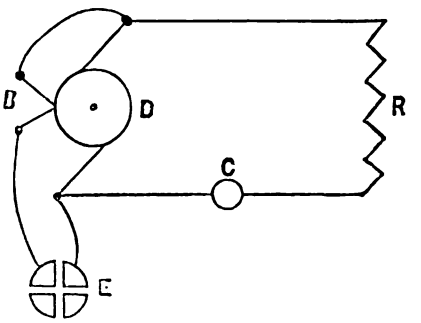


Fig. 2. — D alternateur Wilde; R résistance sans self-induction; C ampèremètre; E électromètre; B deux balais isolés.

Electromètre. On s'est servi d'un électromètre Marcart, dont l'aiguille en aluminium était suspendu par un fil d'argent ; à l'aiguille on a fixé un petit miroir et un amortisseur plongeant dans de l'huile. Les paires des quadrants opposés sont reliées aux poles d'une pile à eau de 48, 96 ou 144 éléments dont le mileu est relié au support de l'instrument. Les fils du contact intermittent sont reliés d'une part à l'aiguille de l'électromètre et d'autre au support de l'instrument.

Les déviations de l'électromètre sont alors directement proportionnelles à la différence de potentiel entre l'aiguille et le support.

Digitized by Google

On a déterminé les constantes de l'instrument à l'aide d'une batterie d'éléments Clark. On a trouvé ainsi les nombres suivants :

Avec 24 éléments à eau 1 division de l'échelle = 0,87 volt.

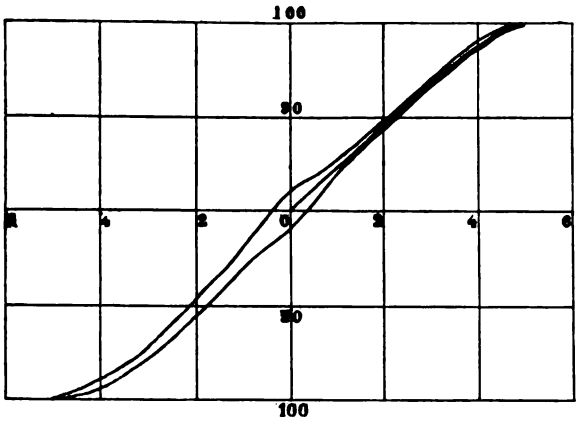


Fig 3 — Courbe d'aimantation, impulsion du galvanomètre balistique.

Avec 48 éléments à eau 1 division de l'échelle = 0,43 volt.

Avec 72 éléments à eau 1 division de l'échelle = 0,29 volt.

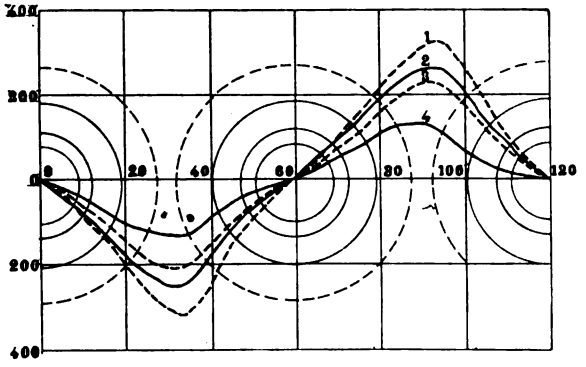


Fig 4. — Courbes de force électromotrice à circuit ouvert : 1. Courant d'excitation 1,9 ampères. 1500 tours par minute; 2. 4 ampères, 1500 tours; 3. 3, 8 ampères, 1200 tours; 4. 3, 8 ampères, 1700 tours. (Dans ces courbes et les suivantes, les ordonnées représentent les volts et les abcisses les dégrés comptés sur le commutateur).

Courbes d'aimantation des inducteurs. Pour obtenir les courbes d'aimantation des aimants inducteurs, on s'est servi d'une bobine plate ayant 12 tours de fil; on place cette bobine entre l'armature et les inducteurs dont les bobines sont en regard les unes des autres et on la retire vivement en observant l'impulsion produite dans un galvanomètre balistique. C'est de cette façon qu'on a obtenu les courbes de la figure 3.

Courbes de la force électromotrice en faisant varier le nombre de tours et le courant d'excitation. La figure 4 montre les courbes de la force électromotrice aux bornes de la dynamo, à circuit ouvert. Les courbes 1 et 2 se rapporte au cas où la vitesse est maintenue constante et où l'on a fait varier le courant excitateur; les courbes 3 et 4 au cas où ce courant a été maintenu constant tout en faisant varier ce nombre de tours de la machine.

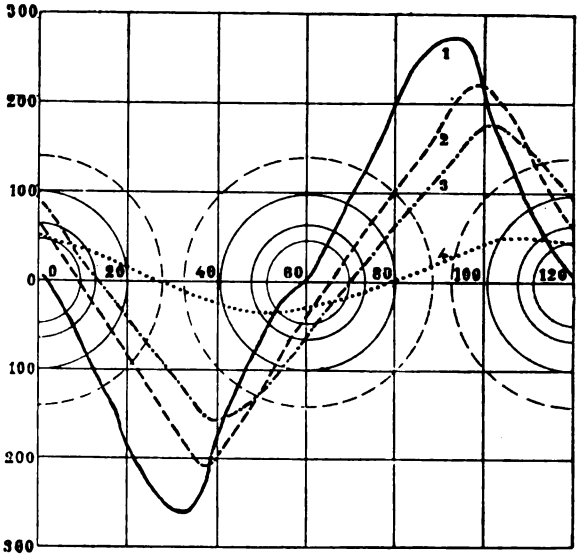


Fig 5. — Courbes de courant, résistance sans induction : 1. R = ∞, I = 0; 2. R = 21,5, I = 6,5; 3. R = 9, I = 10; 4. R = 2, I = 15.

Courbe de l'intensité du courant. La figure 5 montre la forme du courant fourni par la machine, les bobines de résistance à travers lesquelles on a fait passer le courant étant approximativement sans self-induction ; la différence de phase est due à la self-induction de l'armature.

Si E représente la force électromotrice ayant pour expression

$$E_0 \sin \omega t$$

l'intensité du courant dans un circuit de self-induction L et de résistance R sera

$$I = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \sin (\omega t - \alpha)$$

Digitized by Google

où

$$\text{tang } \alpha = \frac{L\omega}{R}$$

D'après les observations des courbes de la figure 5 on a trouvé, par la méthode des moindres carrés, pour les équations des courbes, les coefficients suivants :

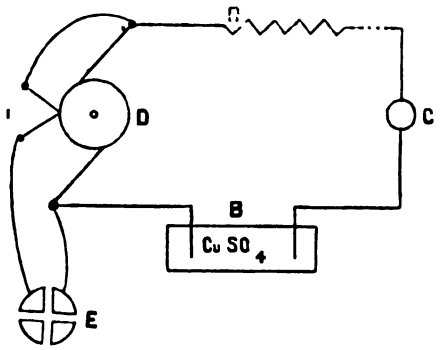


Fig. 6. — I contact intermittent; E électromètre; D alternateur; B bain de cuivre; C ampèremètre; résistance sans self-induction.

Pour la force électromotrice, pour $R = \infty$

$E = -229 \sin(\theta - 2°) - 16{,}4 \sin(2\theta - 3°) + 36 \sin(3\theta + 1°)$

Pour $R = 21{,}5$

$I = -8{,}7 \sin(\theta - 20°) - 0{,}14 \sin(2\theta + 84°) + 0{,}34 \sin(3\theta + 33°)$

Pour $R = 9$

$I = -16{,}4 \sin(\theta - 31°) - 0{,}4 \sin(2\theta - 61°) - 1{,}6 \sin(3\theta + 51°)$

Pour $R = 2$

$I = -20{,}7 \sin(\theta - 64°) - 0{,}7 \sin(2\theta - 20°) - 1{,}9 \sin(3\theta + 12°)$

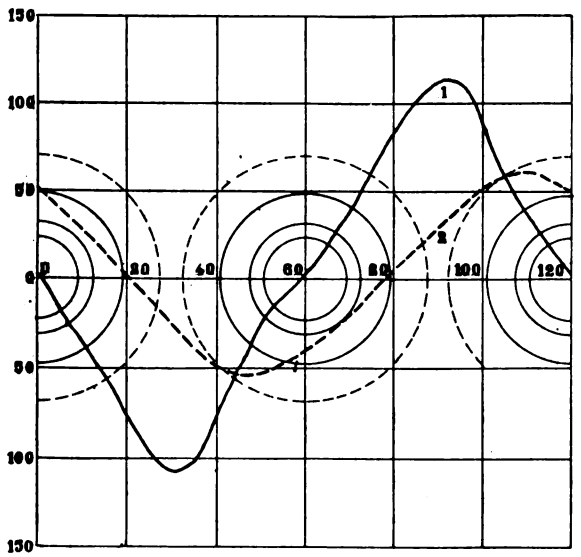


Fig. 7. — Courbes de courant, résistance électrolytique : 1. Circuit ouvert; 2. $l = 10$.

La différence de phase du premier terme des trois dernières courbes est respectivement 22°, 34° et 66°.

La formule

$$\text{tg } \theta = \frac{L\omega}{R}$$

où θ est la différence de phase

$\omega = 2\pi n$

n le nombre d'alternances par seconde

R la résistance totale du circuit

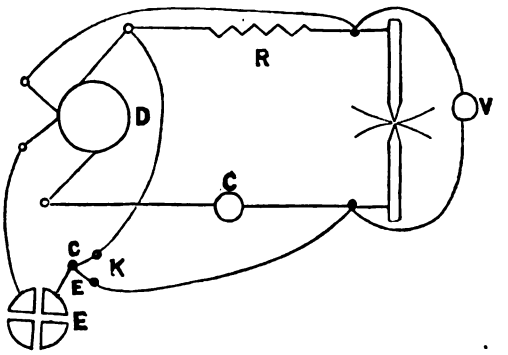


Fig. 8.

donne les valeurs de la self-induction de la manière suivante :

$\text{tg } 22° = 0{,}4$ d'où $L = \frac{0.4 \times 21.9^3}{2.\pi.75} = 0{,}0174$ secohms

$\text{tg } 34° = 0{,}67$ d'où $L = \frac{0.67 \times 9.43}{2.\pi.75} = 0{,}0134$ —

$\text{tg } 66° = 2{,}25$ d'où $L = \frac{2.25 \times 2.43}{2.\pi.75} = 0{,}0116$ —

Ces valeurs montrent que la self-induction de l'armature diminue lorsque l'aimantation du fer des noyaux des bobines augmente, ce qui concorde avec la mesure de la self-induction faite de la manière ordinaire, lorsque la

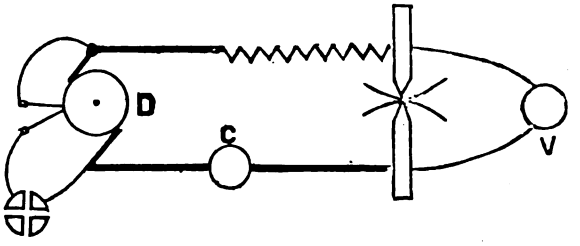


Fig. 9.

machine est au repos. On a obtenu ainsi :

Sans courant dans les excitateurs $L = 0{,}02$ secohms.

Avec courant dans les excitateurs $L = 0{,}013$ secohms.

Digitized by Google

A mesure que la machine fournit du courant les irrégularités de la courbe diminuent, cette courbe devient d'abord presque droit du maximum dans une direction, au maximum dans l'autre direction, pour s'approcher alors graduellement d'une sinusoïde.

Electrolyte. Dans une autre série d'expériences on a intercalé entre les pôles de la machine un bain de galvanoplastie, contenant deux électrodes en cuivre de 30 sur 40 cm. et distantes de 100 cm. Dans ce bain, contenant une solution acide de sulfate de cuivre, on a fait passer un courant de 10 ampères (fig. 6).

Une résistance de 4 ohms était reliée en

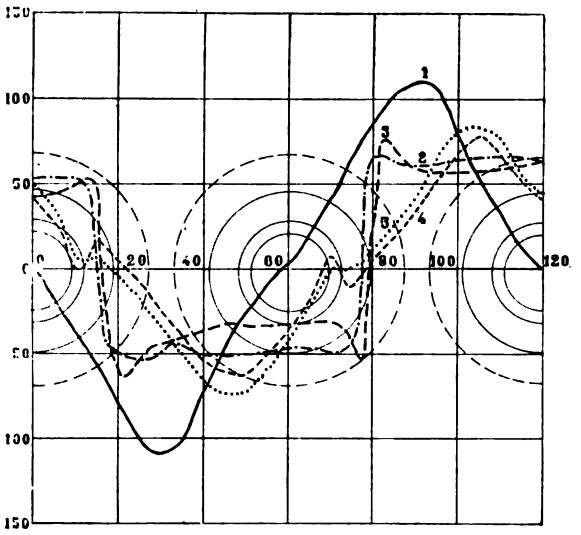


Fig. 10. — Courbes de force électromotrice, lampe à arc de 40 volts et 10 ampères : 1. Circuit ouvert; 2. Lampe avec 1 ohm ; 3. Lampe sans résistance; 4. F. E. M. et 5. Courant : aux bornes de la lampe avec 5 ohms en série.

série avec ce bain ; la courbe obtenue est celle qui correspond aux bornes de la dynamo.

Sur la figure 7 on a tracé également la courbe pour 10 ampères passant à travers la résistance et la courbe de la machine à circuit ouvert.

On a remplacé ensuite le bain galvanoplastique par une lampe à arc, le potentiel aux bornes de cette lampe étant maintenu constant à 40 volts.

D'après le schema de la figure 8 on peut relier, à l'aide de la clef K, l'électromètre soit aux bornes de la lampe pour construire la courbe de la force électromotrice, soit aux bornes d'une résistance de 5 ohms pour la courbe du courant.

La lampe employée était un simple régulateur à main, n'ayant ni bobines en série, ni self-induction.

Deux autres courbes ont été prises aux pôles de l'alternateur, une avec la lampe en circuit, l'autre avec une résistance de 1 ohm en série, figures 9 et 10.

Sur la même figure 10 on a tracé les courbes du courant et de la force électromotrice de la lampe avec une résistance de 5 ohms, intercalée en série dans le circuit.

M. Blondel. Il est intéressant de comparer

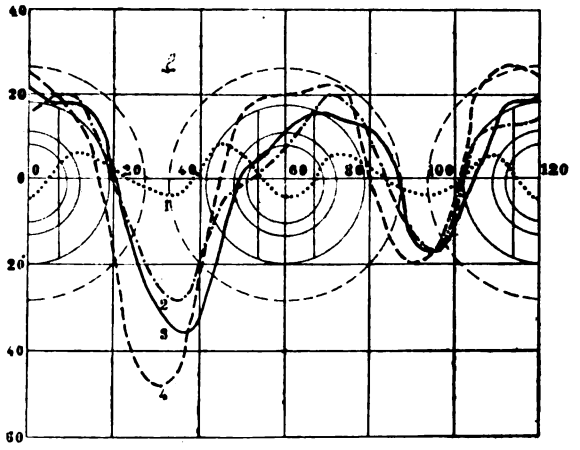


Fig. 11. — Ondulations des courbes : 1. R = 0, I = 19 ; 2. R = 10, I = 12 ; 3. R = 20, I = 7 ; 4. R = ∞, I = 0.

ces courbes avec celles obtenues par M. Blondel(1). Certaines de ces courbes concordent presqu'exactement avec celles de la figure 10.

Ondulation des lignes de force. La figure 11 montre les ondulations des lignes de force des électro-aimants inducteurs. Pour cette mesure on a disposé sur l'une des bobines inductrices un léger support à bois portant 155 fils tendus radicalement à travers la surface polaire, dans l'entrefer compris entre les inducteurs et l'armature. Les ondulations des lignes de force dépassant celles de la force électromotrice

(1) *The Electrician*, 15 décembre 1893. *La Lumière Electrique* 1893.

Digitized by Google

induite, mesurée de la manière ordinaire par l'électromètre et le contact intermittent. La force électromotrice induite est proportionnelle au mouvement du champ magnétique. Ce mouvement doit entrer dans une large mesure dans le désaccord qu'on constate entre les courbes de la force électromotrice et du courant et une sinusoïde.

La recherche d'un étalon de lumière par O. Lummer et F. Kurlbaum (1)

Contrairement à ce qui a eu lieu avec les unités de mesure électriques, il ne peut être question d'une unité « absolue » de lumière, puisque l'effet physiologique d'une source d'élairage ne peut être exprimé en unités C. G. S. Toute source de lumière peut être prise comme étalon, si son intensité est constante et si elle peut toujours être reproduite semblable à elle-même. Nous pouvons provisoirement parler d'un étalon pratique et d'une unité physique ; mais ces noms ne servent qu'à indiquer l'exactitude que peut donner l'unité.

Un étalon pratique de lumière doit, avant tout, pouvoir être manipulé facilement. et être peu coûteux, l'exactitude n'en étant qu'une question plutôt secondaire et déterminée par le genre d'application qu'on veut en faire. Un étalon physique doit, au contraire, être surtout exact, la facilité de sa reproduction étant une considération secondaire.

De tous les étalons pratiques essayés par la Reichsanstalt (Institut impérial allemand), seule la lampe Hefner a rempli toute les conditions voulues, et l'Institut technique en a entrepris l'étalonnement.

Cet étalonnement suppose nécessairement l'existence d'un étalon exact de comparaison, et l'on a dû tirer parti d'une série de lampes à incandescence, dont le courant pouvait être réglé à 0,01 o/o près; mais ce procédé est évidemment peu satisfaisant, et la substitution d'un étalon défini et reproductible à ces appareils a longtemps constitué le plus important problème d'optique étudié par la Reichsanstalt.

En premier lieu, l'étalon au platine proposé par Violle et adopté par le Congrès des électriciens de 1884, fut reproduit d'après le procédé Violle et plus tard, en employant le chauffage électrique. Les expériences ont montré que le degré de pureté du platine, et la nature de sa surface affectent les résultats, et l'étalon Violle fut provisoirement abandonné.

L'étalon au platine de Siemens fut également trouvé inexact, car il donnait au cours de centaines d'expériences des écarts de 10 o/o, et plus de la moyenne. Mais ces expériences conduisirent au résultat général que le platine absolument pur, forme une substance convenant très bien pour constituer la surface incandescente; d'autre part, on trouva que ni le point de fusion, ni celui de solidification, ne peuvent être pris pour définir la température fixe sans faire intervenir d'autres conditions, et on dut chercher une nouvelle méthode pour atteindre et conserver une température constante, puisqu'on peut admettre que le rayonnement de lumière à une température donnée de la surface est toujours le même.

Parmi les différentes méthodes essayées, les auteurs décrivent celle qui les a conduits au but cherché, quoique nécessitant la construction d'appareils compliqués et délicats, dont la manipulation exige une grande habileté. Quant à son exactitude, les auteurs montrent que leur étalon peut être reproduit assez aisément, plusieurs appareils construits ayant donné des résultats concordant à 1 o/o près.

Définition de l'unité de lumière.

L'unité proposée est la lumière émise par un centimètre carré d'une surface de platine à une certaine température définie par le rapport de deux quantités d'énergie rayonnée — l'une comprenant le rayonnement total émis par le platine, l'autre formée par la partie passant à travers un certain milieu absorbant. Ces quantités étant par exemple entre elles comme 10 : 1, on peut définir la température par ce rapport.

La mesure des deux rayonnements est

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift.*

Digitized by Google

donnée par l'élévation de température d'un bolomètre exposé aux radiations. Le milieu absorbant est un vase en quartz à côtés parallèles d'épaisseur donnée, contenant un volume d'eau d'épaisseur fixée. Des dispositions sont prises pour maintenir une certaine température qu'il n'est pas nécessaire d'exprimer en degrés centigrades, car on admet qu'à une température donnée le platine émet toujours la même quantité de lumière, hypothèse justifiée par l'expérience.

Principe de l'appareil pour produire l'unité de lumière.

Une feuille de platine est portée à l'incandescence à l'aide d'un courant électrique; devant la feuille est placé un diaphragme avec une ouverture d'un centimètre carré. A travers ce trou passent les rayons qu'éclairent un bolomètre, d'abord par la totalité du rayonnement, ensuite par la portion qui traverse le vase absorbant. Le rapport entre ces deux rayonnements est indiqué par les déviations du galvanomètre. Le courant qui chauffe le platine est modifié jusqu'à ce que les deux rayonnements soit dans le rapport de 10 : 1, et dans ces conditions la lumière émise par le platine normalement à sa surface est prise pour unité de lumière.

Vérification de l'exactitude de la reproduction

Pour la comparaison de l'étalon de lumière ainsi obtenu, on a employé une autre source de lumière, dont la constance était assurée pour une durée plus ou moins longue; cette source est une lampe à incandescence où il suffisait de maintenir constant le courant d'alimentation.

Une autre partie du mémoire concerne les moyens pratiques employés pour réaliser l'étalon de lumière. Notons seulement quelques détails. Les bandes de platine ont environ 25 mm. de largeur, 60 mm. de longueur et 0,015 mm. d'épaisseur. Le courant varie de 50 à 80 ampères à 32 volts.

La bande métallique est entourée d'une double enveloppe à circulation d'eau, de même que le diaphragme. La cuve à absorption en quartz a des parois de 1 mm. d'épaisseur, et contient une couche d'eau de 2 cm. d'épaisseur.

Dans le bolomètre les bandelettes sont recouvertes par voie d'électrolyse de mousse de platine. Un volet maintenu à la même température que le bolomètre par une circulation d'eau est interposé entre ce dernier et le platine.

La comparaison de l'étalon avec la lampe, se fait à l'aide d'un photomètre Lummer-Brodhun.

Causes d'erreur

1). *Constance de l'incandescence du platine.* — L'enveloppe à circulation d'eau permet d'obtenir cette constance, la circulation d'air ayant un caractère bien défini, comme l'accusent les courbes, produites sur la surface intérieure par le platine évaporé qui se dépose.

2). *Déviations galvanométriques.* — Pour éviter d'avoir à observer de très petites déviations, on avait essayé de shunter le galvanomètre pour les déviations très fortes, mais cette méthode a été abandonnée. La meilleure méthode consistait à faire varier la distance entre le bolomètre et l'échelle, de façon à rendre les déviations égales; c'est ce que l'on réalise en plaçant l'appareil sur un banc d'optique à échelle divisée.

3) *Reproduction de l'étalon de lumière.* — On a trouvé qu'une variation de 1 o/o dans la déviation du galvanomètre représentait une différence de 3 o/o dans la lumière mesurée au photomètre, et les déviations peuvent être lues à 0,1 o/o près. A ce point de vue, la limite de l'erreur faite sur la mesure de la lumière est donc d'environ 0,3 o/o.

4) *Surface du platine.* — Le platine chimiquement pur devient à l'état d'incandescence aussi uni qu'une glace, et donne des erreurs n'excédant pas un demi pour cent.

5) *Différences de température* — Les différences de température entre la partie supérieure et la partie inférieure du platine n'affecte pas les résultats obtenus avec l'air.

Digitized by Google

6) *Dimensions du diaphragme.* — Les dimensions du diaphragme doivent, naturellement, être exactement connues ; on peut commettre avec les mesures les plus précises des erreurs d'environ un cinquième pour cent.

7) *Position du platine.* — Il n'est pas nécessaire de placer avec beaucoup d'exactitude le platine parallèlement au plan du diaphragme.

8) *Vase d'absorption.* — Le point important à noter c'est que le vase se trouve entre le volet et le bolomètre pour éliminer tout effet dû au vase.

L'épaisseur de la couche d'eau doit être connue exactement, 0,1 mm. donnant 1 o/o de différence de la valeur de l'unité.

9) *Propriétés selectives du bolomètre.* — Pour éviter l'effet de ces propriétés particulières, on a recouvert la surface exposée du bolomètre d'une couche électrolytique de mousse de platine, procédé qui n'introduit au maximum qu'une erreur d'un peu plus d'un demi pour cent, une différence de 50 o/o dans l'épaisseur de la couche n'affectant l'intensité observée que de 3 o/o. Deux bolomètres avec couches d'égale épaisseur se comportaient exactement de même. Il faut également tenir compte de la température initiale du bolomètre.

CONCLUSOIN

Après ces expériences préliminaires, et à l'aide de l'appareil décrit, la reproduction d'un tel étalon de lumière est très simple, et d'une précision assurée à 1 o/o près. Un appareil de ce genre formera dorénavant l'étalon de référence pour les travaux photométriques de l'Institut impérial. Il est à remarquer que cet étalon peut être adopté aisément à la comparaison des sources de lumière de coloration différente, en choisissant convenablement le rapport de la quantité de lumière absorbée au rayonnement total.

Dynamo et lampe pour bicyclette

Bien des inventeurs ont cherché a résoudre le difficile problème de trouver une petite lampe électrique pour bicyclettes, mais tous se sont trouvés arrêtés par des difficultés auxquelles on se bute toutes les fois que l'on veut obtenir un éclairage d'une certaine durée au moyen d'une pile primaire et même avec un petit accumulateur.

Voici, à titre de curiosité plutôt que comme appareil vraiment pratique, une nouvelle solution réalisée par un constructeur américain d'appareils pour l'éclairage électrique.

Abandonnant la voie suivie jusqu'à présent, l'inventeur s'est proposé d'utiliser la machine elle-même comme moteur susceptible de produire la force nécessaire pour actionner une

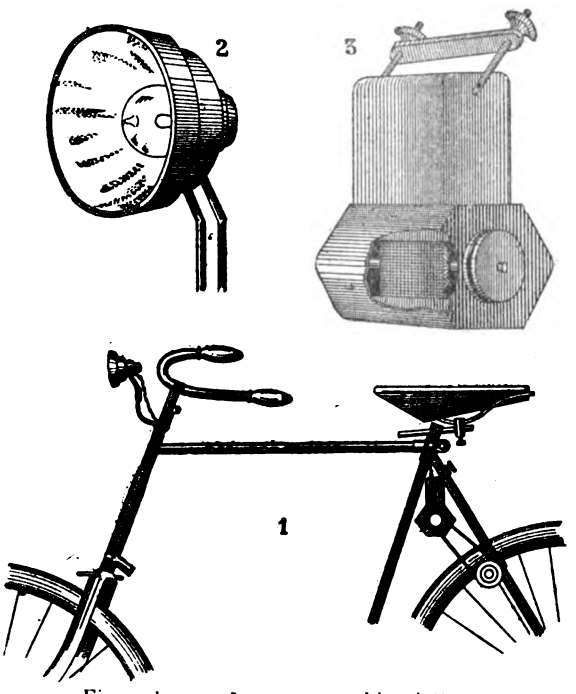


Fig. 1 à 3. — Lampe pour bicyclette.

petite dynamo dont le courant est lancé dans la lampe et assure ainsi l'éclairage pendant tout le temps que la bicyclette est en marche.

Il fallait naturellement trouver des appereils d'une grande légèreté et faciles à adapter à toute espèce de machine. A ce double point de vue l'invention est certainement fort intéressante.

La dynamo renfermée dans une petite boîte en nickel de 9 centimètres de largeur sur 11 de haut, et s'adaptant sur la fourche arrière du

Digitized by Google

cadre au moyen d'une bride à deux vis, pèse à peine 1 kilogramme. Elle est commandée par une cordelette en acier s'enroulant sur un disque fixé à cette même fourche par un collier à vis et qui frotte contre la jante de la roue motrice. Le mouvement de cette dernière produit donc la rotation du disque et par suite celle de la dynamo. Le courant est conduit à la lampe par des fils longeant la barre horizontale du cadre extérieurement ou mieux intérieurement.

La lampe est munie d'un réflecteur et possède, pour une vitesse ordinaire de la machine, un pouvoir éclairant de 16 bougies. L'éclairage est, d'ailleurs, d'autant plus intense, que la machine marche plus rapidement.

Pendant le jour on repousse le disque un peu sur le côté de façon à ce qu'il ne puisse pas frotter contre la jante. Le démontage et le remontage de tout l'appareil se font d'ailleurs avec une si grande facilité qu'il est plus simple de tout enlever lorsqu'on n'a pas besoin de s'éclairer.

Avec une vitesse de marche ordinaire, la lampe éclaire parfaitement tous les objets à 5 ou 6 mètres en avant de la machine.

L'emploi des dynamoteurs sur les circuits de tramways électriques, par J. H. Vail et S. H. Wynkoop.

Dans une conférence faite au Congrès des tramways électriques, à Atlanta, les auteurs préconisent le système de M. Barstow consistant à maintenir le voltage constant dans tous les points d'un réseau complexe en employant l'appareil auxiliaire qu'ils appellent « booster » et qui n'est autre qu'un compensateur formé d'une dynamo et d'un moteur accouplés mécaniquement. Par suite de la grande chute de potentiel sur les lignes de tramways, le rendement industriel des moteurs est réduit du tiers, et descend de 78 o/o environ à 52 o/o.

Dans l'alimentation directe avec feeders la perte dans la transmission ne peut être évitée qu'en augmentant la quantité de cuivre et par conséquent le coût de premier établissement. Avec le système des dynamoteurs, il n'y a que la dépense d'entretien et de mise en marche d'une machine qui élève automatiquement le voltage au-dessus de celui régnant aux barres omnibus, d'une quantité égale à celle de la chute de potentiel. Dans ce cas, le feeder n'a que la section suffisante pour ne pas chauffer dangereusement, et la tension reste invariable quelles que soient la longueur du feeder et la distribution de la charge.

Le coût d'un feeder pour alimentation directe augmente comme le carré de la distance, tandis que le coût du feeder avec compensateur est proportionnel à la distance. Les auteurs

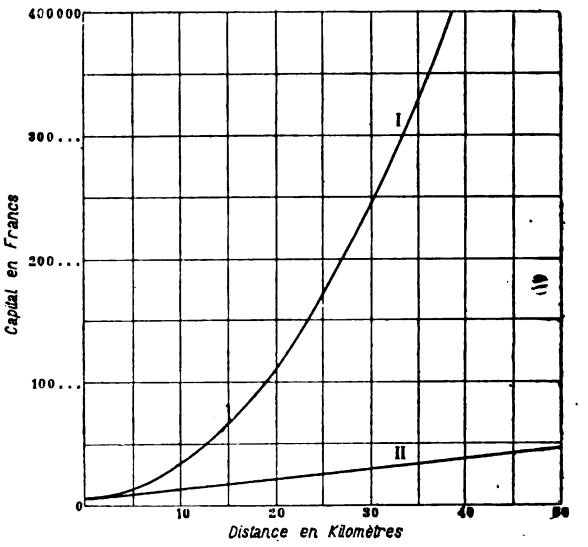


Fig. 1.

affirment que cette circonstance permet de réduire de 25 à 75 o/o le coût d'établissement, ce qui faciliterait l'extension des lignes urbaines aux localités suburbaines distantes de 15 à 30 kilomètres de la station centrale.

Il est facile de calculer le coût d'établissement dans les deux systèmes. Ces calculs ont permis de construire les courbes I et II de la figure 1, représentant le capital en francs immobilisé en fonction de la distance de la station centrale en kilomètres (courbe I : alimentation directe; courbe II, alimentation avec compensateurs).

L'inspection de ces courbes montre qu'à partir d'une distance de trois kilomètres envi-

Digitized by Google

ron, il devient avantageux d'employer les compensateurs. Lorsque la force motrice est peu coûteuse, ces courbes indiquent immédiatement la valeur relative des deux systèmes; mais, ordinairement, la perte dans la ligne, représentée ici par la puissance qu'absorbe le fonctionnement du compensateur, devient un facteur important.

En tenant compte de cette perte, il convient alors de comparer les deux systèmes à différents régimes de charge. C'est ce qu'on a fait en construisant les courbes de la figure 2, donnant les dépenses d'exploitation pour les

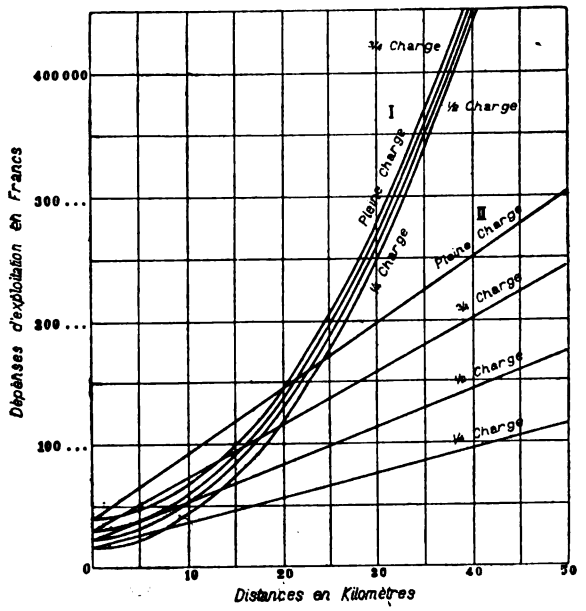


Fig. 2.

feeders de différentes longueurs et à différentes charges.

L'intersection de la courbe supérieure avec la droite supérieure indique le point où les deux systèmes se valent au point de vue des dépenses d'exploitation totales, y compris l'intérêt du capital. Cette distance est dans le cas considéré de 20 kilomètres. A de plus courtes distances, l'alimentation directe est plus économique, tandis qu'à plus grande distance, les compensateurs offrent plus d'avantages. Mais l'avantage de ces derniers s'accuse encore pour de plus faibles distances quand on considère les régimes de charge plus faibles, et comme la charge est extrêmement variable sur les lignes de tramways, on peut dire que dans le plus grand nombre de cas, il serait économique d'avoir recours aux survolteurs ou compensateurs de chute de potentiel.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES
ET DES
PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Par MM. J. BLONDIN et C. RAVEAU

Sur les vitesses des ions et le pouvoir d'ionisation des dissolvants, par W. C. Dampier Whetam (1).

On sait que, d'après une théorie de Kohlrausch, la connaissance de la conductibilité spécifique d'une dissolution électrolytique et celle des nombres de transport ou nombres de migration de Hittorf, relatifs à cette dissolution, permettent de calculer les vitesses de ses ions. La concordance des vitesses trouvées pour un même ion au moyen des données se rapportant à diverses dissolutions contenant cet ion confirme cette théorie.

Mais certaines substances, comme l'ammoniaque et l'acide acétique paraissaient faire exception à la théorie. En effet, si on déduit la vitesse ionique de l'hydrogène de la conductibilité et des constantes de migration d'acides tels que l'acide azotique et l'acide chlorhydrique, si d'autre part on déduit la vitesse ionique du groupe $C^2 H^3 O^2$ de la conductibilité et des constantes de migration de l'acétate de sodium ou de potassium, et que, de ces vitesses ioniques, on déduise une valeur théorique de la conductibilité d'une solution d'acide acétique contenant 0,1 gramme équivalent par litre, on constate que cette valeur est à la valeur expérimentale comme 3168 est à 46.

Dans un Mémoire antérieur (2), lu à la

(1) *Philosophical Magazine* t. XXXVIII p. 392-396 ; octobre 1894.

(2) *Proceedings of the Royal Society* t. LII, p. 285. *La Lumière Electrique*. t. XLVIII, p. 134.

Digitized by Google

Société Royale en novembre 1892, l'auteur montrait que les vitesses ioniques du cuivre, du cobalt et des groupements $Cr^2 O^7$ et $Az O^3$, déduites de ses expériences sur les vitesses de déplacement de la surface de séparation de deux solutions électrolytiques ayant un ion commun, concordent avec celles que donne la théorie de Kohlrausch. Dans celui qui nous occupe il montre que l'application de cette méthode expérimentale à l'électrolyse de l'acétate de sodium conduit à une valeur de la vitesse ionique de l'hydrogène dans ce sel qui fait rentrer l'acide acétique dans la règle générale.

L'appareil employé est formé, comme dans les expériences de 1892, de deux tubes verticaux de deux centimètres environ de diamètre, l'un de ces tubes ayant une longueur triple de l'autre ; aux extrémités inférieures de ces tubes sont soudés les bouts d'un tube plus fin. Les parties supérieures des deux gros tubes sont disposées à la même hauteur, le tube plus fin est placé verticalement entre eux. L'électrolyte est une solution d'acétate de sodium dans une gelée d'agar colorée en rouge par la phtaléïne du phénol. La moitié de cette solution est additionnée d'une petite quantité de soude caustique, juste suffisante pour obtenir le maximum de la coloration; elle est versée dans la branche la plus longue du tube. Quand elle s'est prise en gelée par refroidissement, on verse dans l'autre branche la seconde moitié de la dissolution préalablement décolorée par l'addition de quelques gouttes d'acide acétique. Après refroidissement de tout l'appareil, on le fait traverser par le courant d'une pile dont les pôles présentent une différence de potentiel de 50 volts, et on suit avec une lunette le déplacement de la surface de séparation de la solution rouge et de la solution incolore; de cette observation on déduit la vitesse v_1 du déplacement.

Si A est la section du tube de communication, γ l'intensité du courant en ampères, r la résistance spécifique en ohms de la solution, la différence de potentiel par unité de longueur dans le tube de communication est

$$\frac{\gamma r}{A};$$

par conséquent si v est la vitesse ionique de l'ion produisant le changement de colorations pour une différence de potentiel de 1 volt pour unité de longueur, la vitesse v_1 de cet ion dans les conditions de l'expérience doit être

$$v_1 = v\frac{\gamma r}{A}.$$

En remplaçant dans cette relation, v_1, γ, r et A par les valeurs qu'avaient ces quantités dans son expérience, l'auteur a trouvé pour la vitesse ionique de l'hydrogène à travers la solulution de l'acétate de soduim,

$$v = 0{,}000\,065 \text{ cm/sec.}$$

Mais on pouvait craindre que la présence de la gelée d'agar ait une influence considérable sur le résultat trouvé. En réalité il n'en est rien, car en mesurant la vitesse ionique du groupe $Cr^2 O^7$ au moyen d'une solution de bichromate de potassium dans la gelée d'agar et d'une solution de chlorure de potassium dans les mêmes conditions, l'auteur a retrouvé sensiblement le nombre qu'il avait obtenu en opérant avec des dissolutions aqueuses liquides. Le nombre indiqué précédemment pour la vitesse ionique de l'hydrogène dans une gelée d'acétate de sodium donne donc la vitesse de ce même ion dans une solution aqueuse d'acétate de même concentration.

Or, cette vitesse est environ 1/46 de la vitesse 0,0030 donnée par Kohlrausch. D'un autre côté l'expérience montre que la conductibilité d'une solution aqueuse d'acide acétique de la concentration employée, est 59 fois moindre que celle d'une solution décime normale d'acide chlorhydrique. Si donc on admet que la vitesse ionique de l'hydrogène dans l'acide acétique est sensiblement la même que dans l'acétate de sodium, on voit que les vitesses ioniques de l'hydrogène dans l'acide acétique et dans l'acide chlorhydrique sont dans le même rapport que les conductibilités de ces acides. Par conséquent la conductibilité

Digitized by Google

de l'acide acétique, calculée suivant la théorie de Kohlrausch, au moyen des vitesses des ions dans cet acide, concordera avec la conductibilité réelle.

Puisque les vitesses des ions sont réduites dans la même proportion que la conductibilité, il semble que la conductibilité d'une dissolutiou doive dépendre de tous les facteurs pouvant influencer les vitesses ioniques. Ces facteurs peuvent être : en premier lieu, l' « ionisation », c'est-à-dire le temps moyen pendant lequel un ion est en pleine activité (quelle que soit la nature de son activité); en second lieu la résistance que la solution offre, en raison de sa viscosité, au mouvement des ions.

L'auteur ajoute : « Il semble probable que le pouvoir d' « ionisation » des divers dissolvants dépend beaucoup de leurs capacités inductives spécifiques. M. J.-J. Thomson a remarqué que l'immersion d'une molécule, dans un milieu de grande capacité inductive, a pour effet de réduire considérablement les forces électriques qui s'exercent entre ces atômes. Par suite, ceux-ci peuvent, de cette manière, acquérir la liberté nécessaire pour l'activité électrolytique, laquelle serait alors pour un sel donné, proportionnelle à la capacité inductive spécifique du dissolvant de ce sel. »

Si l'on suppose que la viscosité d'un liquide par rapport aux ions est la même que la viscosité ordinaire, on pourra donc, de la connaissance de cette viscosité et de celle de la capacité inductive de plusieurs dissolvants, déduire les rapports des conductibilités d'un même sel dissous dans ces dissolvants.

En prenant 83,7 pour la capacité inductive de l'eau, 32,65 pour celle de l'alcool méthylique, 25,8 pour celle de l'alcool éthylique et 100,63,120 pour les viscosités relatives de ces dissolvants, conductibilités moléculaires d'un même sel dans ces trois liquides doivent être proportionnelles à

100 p. l'eau, 63 p. l'alcl méthylique, 26 p. l'alcl éthylique.

Or, les expériences faites par M. Fitzpatrick et par l'auteur sur des dissolutions très étendues de chlorure de calcium dans ces liquides montrent que leurs conductibilités électriques sont :

100 p. l'eau, 70 p. l'alcl méthylique, 23 p. l'alcl éthylique.

La concordance de ces nombres avec les précédents, conduit l'auteur à penser que la capacité inductive spécifique et la viscosité sont les principaux facteurs déterminant le « pouvoir d'ionisation relatif » d'un dissolvant. J. B.

Sur l'électron ou atome d'électricité, par G. Johnstone Stoney (1).

L'auteur revendique en sa faveur la priorité de la considération d'une quantité insécable d'électricité que, dans une note récente (2), M. Ebert attribuait à von Helmholtz. En réalité M. Johnstone Stoney communiquait dès 1874, au meeting de Belfast de l'Association Britannique et lisait en février 1881, devant la Société Royale de Dublin, un mémoire où il appelait l'attention sur cette quantité minimum d'électricité qu'il définissait à peu près dans les mêmes termes que ceux dont s'est servi Helmholtz dans son mémoire publié seulement en avril 1881.

L'estimation de la grandeur de cette quantité d'électricité, à laquelle il donna plus tard le nom d' « électron », le conduisit à une valeur qui, exprimée en unités C. G. S. (qui n'étaient pas encore employées) est 3×10^{-11} unités électrostatiques. Cette estimation reposait sur les résultats d'un calcul fait en 1867, du nombre de molécules que contient un millimètre cube d'un gaz sous la pression normale et à la température de 0° C. Le nombre trouvé en 1891 par le professeur Richarz pour la valeur de l'électron, $12,9 \times 10^{-11}$ unités C.G.S, s'accorde fort bien avec le nombre donné antérieurement par l'auteur si l'on tient compte des erreurs probables des données qu'il utilisait.

(1) Philosophical Magazine, t. XXXVIII, p. 418; octobre 1894.

(2) Phil. Mag., t. XXXVIII. p. 332 — *L'Eclairage électrique*, p, 277.

Digitized by Google

Dans la note à laquelle il a déjà été fait allusion, M. Ebert dit qu'il a trouvé une valeur de l'électron égale à $1,4 \times 10^{-10}$ unités C. G. S. en admettant que l'énergie de radiation d'une vapeur lumineuse dépend des vibrations électriques des charges de valence. A ce propos, M. Johnston Stoney dit, qu'en 1891, il faisait remarquer (*Transactions of the Royal Dublin Society*, vol IV, d. 583) que les mouvements qui ont lieu dans chaque molécule ou atome chimique ont pour effet de propager les électrons dans l'éther par ondes et que c'est à ce mouvement des électrons que semble devoir être attribué le spectre distinctif de chaque gaz. A la vérité, quelques-unes des lignes du spectre pourraient être dues aux oscillations hertziennes résultant de décharges entre les atomes d'une molécule ou entre les molécules elles-mêmes. Mais suivant l'auteur il n'y a pas lieu de tenir compte de cette cause de radiations si l'on n'a en vue que l'explication de la partie visible de chaque spectre, car celles que pourraient produire les oscillations hertziennes ont, à son avis, une fréquence beaucoup trop grande pour donner des lignes visibles du spectre.

J. B.

A. Hagenbach. — Sur les éléments thermoélectriques constitués par un métal et une dissolution saline (1).

Dans les éléments à électrodes de platine la force électromotrice n'est pas une fonction de la température aussi simple que dans ceux où la dissolution contient un sel du métal de l'électrode. Il était donc nécessaire de faire des mesures à des températures quelconques. D'autre part la force électromotrice varie toujours avec le temps; l'auteur a effectué ses mesures pendant l'échauffement même. Enfin tout mouvement ou choc des électrodes ou du liquide rend les mesures impossibles.

Pour éviter tout mouvement du liquide pendant le chauffage, l'auteur a construit l'appareil suivant : Le tube A (long. = 15 cm.; diam. = 2 cm.) qui doit être chauffé s'adapte, à sa partie supérieure, à un tube de communication, convenablement recourbé, qui vient déboucher à la partie supérieure du vase B, (long. = 11 cm.; diam. = 3 cm.) qui contient l'électrode maintenue à température constante. A est maintenu à l'intérieur d'un bain chauffé par un serpentin, où circule de l'eau, suivant un système identique à celui du chauffage des édifices. L'eau chaude arrivant par le bas, il était inutile d'agiter le bain; la température ne différait jamais de plus de 0,2° C entre le haut et le bas, l'électrode, qui avait 2 cm. de haut, était bien portée à une température uniforme. B est maintenu à l'intérieur d'un second bain à température constante. Le seul inconvénient de cet appareil est sa dissymétrie, qui ne permet d'intervertir les électrodes.

Les sels ont été fournis comme purs par Kahlbaum et on les a fait cristalliser avant de les employer. Toutes les dissolutions ont été bouillies, sauf pour l'alun de chrome concentré. On a déterminé les poids spécifiques des solutions et on en a déduit leur composition, d'après les tables de Landolt, sauf pour le sulfate de cadmium. Pour les dissolutions de chlorure de cuivre on les a électrolysées après addition d'acide oxalique; le poids de cuivre obtenu correspondrait à une concentration plus grande que celle qu'on déduit des tables, ce qui doit tenir au dessèchement imparfait des sels utilisés dans ces recherches.

Les expériences précises ont porté sur des sulfates et des chlorures; tous les sels sont loin de se prêter convenablement à l'étude; dans un grand nombre de cas, il se produit certainement des perturbations qui masquent complètement le phénomène, sans qu'il soit possible de déceler aucune action chimique. Avec les nitrates, on n'obtient rien; les éléments à électrodes de nickel fournissent des résultats contradictoires; on n'a pu étudier

(1) *Wiedemann's Annalen*, *t. LIII*, *p.* 447. Ces éléments ont déjà été étudiés par Wolker (1825) Faraday (1840), Gore (1884), Bouty (1880) et Ebeling (1887).

Digitized by Google

non plus les éléments Co | SO^4 Co | Co, ni les couples à sels d'argent ou à acides (Pt | SO^4 H^2 | Pt, Pt | HCl | Pt).

Les électrodes ne sont jamais identiques ; il faut se contenter d'avoir, au début, une force électromotrice aussi constante que possible. Nous renverrons au mémoire pour les détails relatifs à la préparation des électrodes de zinc et de platine.

La différence de potentiel était mesurée par la méthode de compensation de du Bois-Reymond. La pile auxiliaire était un Daniel à dissolutions concentrées dont le circuit renfermait une résistance de 10 000 ohms et un rhéostat de 11 000 ohms, dont on pouvait faire varier la résistance de 1 ohm ; le galvanomètre déviait de dix divisions environ pour 0,0001 Daniel. Pour éviter la polarisation on fermait les circuits successivement au moyen d'une clé double.

On procédait aux mesures après avoir laissé l'élément en repos pendant une nuit. On mesure d'abord la différence de potentiel entre les deux électrodes, qui doit être très petite et ne pas varier sensiblement en une demi-heure. On chauffe lentement, de façon à aller en deux heures de 20° à 80° ; on fait des déterminations de 5° en 5°, sans interrompre le chauffage. Les thermomètres portaient une division en 0, 2° C.

Voici l'ensemble des résultats :

I. Pour les éléments dont les électrodes sont constituées par le métal du sel dissous :

1° La variation de la force électromotrice avec la concentration n'est pas la même pour les différents sels.

2° Les maxima qu'a observés M. Ebeling (1) pour des dissolutions à 5 o/o n'ont pas été retrouvés par l'auteur ; la force électromotrice semble croître avec la dilution et tendre vers une limite, conformément à la théorie de M. Nernst (2).

3° Les forces électromotrices croissent plus vite que les différences de température et les écarts sont d'autant plus grands que les dissolutions sont plus concentrées.

II. Pour les éléments à électrodes de platine :

4° Les forces électromotrices varient de la même façon pour les sels d'un même acide, autant au point de vue de l'ordre de grandeur qu'à celui de l'influence de la concentration.

5° Les variations des forces électromotrices avec la concentration sont en général notablement plus grandes que pour les éléments précédents.

6° La force électro-motrice ne dépend pas seulement de la différence des températures.

7° Les deux modifications de l'alun de chrome se comportent de façon différente. Le passage de la modification violette à la modification verte se manifeste par une augmentation très notable de la force électromotrice.

C. R.

(1) Ebeling, Wied. Ann. XXX, p. 530, 1887.

(2) Nernst, Zeits fur Phys. Chimie IV, p. 171, 1884.

Etude de la polarisation d'une cloison métallique mince placée dans un voltamètre (1re partie), **par John Daniel** (1).

Le docteur Arons ayant observé quelques particularités intéressantes dans la polarisation d'une cloison métallique mince placée dans un voltamètre, l'auteur entreprit, sous la direction de MM. Kundt et Arons, une étude approfondie de ces phénomènes, étude ayant principalement pour but :

1° De chercher par des mesures quantitatives, s'il y a une épaisseur critique au-dessous de laquelle la cloison ne se polarise pas, et, s'il y en a une, de la déterminer ;

2° De déterminer l'autre épaisseur critique, c'est-à-dire celle au-dessus de laquelle la polarisation est aussi grande qu'avec une plaque très épaisse ;

3° De mesurer quantitativement la polarisation, avec une même intensité de courant, de cloisons d'épaisseurs diverses comprises entre ces épaisseurs limites ;

4° De déterminer comment, dans chaque

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVII, p. 185-201 ; 1894.

Digitized by Google

cas, la polarisation dépend de l'intensité du courant ;

5° De reconnaître comment la polarisation varie avec le temps compté à partir de l'instant où un courant d'intensité donnée circule dans le voltamètre.

Ce voltamètre consiste en un vase de verre parallélipipédique de 20 cm. de long, 12 cm. de large et 11 cm. de profondeur. Au milieu est fixée avec de la cire à cacheter une cloison de verre de 3 mm. d'épaisseur percée d'un trou de 2 cm. de diamètre ; sur cette ouverture est fixée une lame de verre mince percée elle-même d'un trou de 1,5 cm. de diamètre ; la cloison métallique (généralement une feuille d'or) est fixée au moyen de cire à cacheter sur

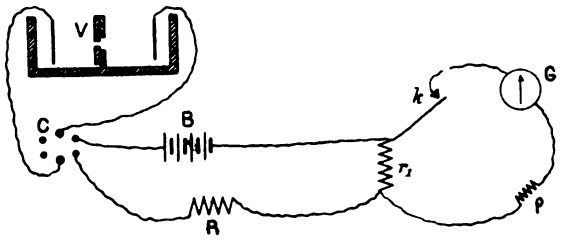


Fig. 1.

la lame de verre. On obtient ainsi deux compartiments étanches n'ayant de communication électrique que par la cloison métallique. Dans chacun de ces compartiments plonge une électrode en platine platiné de 4 cm. sur 6 cm. et de 0,1 mm. d'épaisseur ; ces électrodes sont remplacées par des électrodes de cuivre quand on opère avec le sulfate de cuivre.

La disposition expérimentale adoptée est représentée par la figure 1. B représente une batterie d'accumulateurs ; R une résistance variable à volonté ; C un commutateur permettant d'intercaler le voltamètre V dans le circuit de la batterie d'accumulateurs ; r_1 une résistance variable faisant partie d'un circuit dérivé comprenant un galvanomètre G, une résistance auxiliaire ρ de 1010 ohms et une clef k.

Les mesures comprennent les opérations suivantes :

1° On fait passer le courant dans le voltamètre, la cloison métallique étant enlevée et on note la déviation du galvanomètre, déviation à laquelle correspond une intensité du courant principal

$$I = \frac{E - e}{W} \qquad (1)$$

où E désigne la force électromotrice de la batterie d'accumulateurs, e la force électromotrice de polarisation des électrodes du voltamètre et où

$$W = R + r_3 + \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} + v,$$

R et r_1 désignant les valeurs des résistances marquées R et r_1 sur la figure, r_3 la résistance des fils de jonction du circuit principal, v celle du voltamètre, enfin r_2 la résistance totale du circuit dérivé comprenant le galvanomètre.

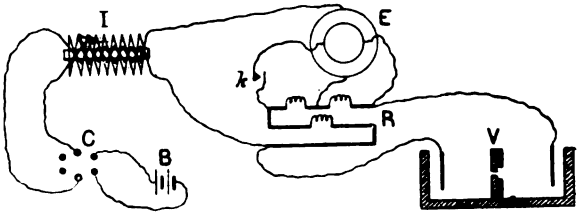


Fig. 2.

2° On met la cloison métallique en place et on diminue la résistance principale R jusqu'à ce que le courant principal reprenne l'intensité I qu'il avait précédemment, ce que l'on reconnaît à l'aide du galvanomètre ; on a alors

$$I = \frac{E - e - x}{W - w} \qquad (2)$$

x étant la force électromotrice de polarisation de la cloison et w la diminution de la résistance R.

3° Au moyen du commutateur on met le voltamètre hors du circuit et, par une augmentation convenable W_1 de la résistance R, on ramène l'intensité du courant principal à sa valeur primitive ; dans ces conditions on a

$$I = \frac{E}{W + w_1 - v}. \qquad (3)$$

Des relations (1) et (2) on déduit

$$x = w\left(\frac{E - e}{W}\right) = Iw, \qquad (A)$$

et des relations (1) et (3)

$$e = I\,(w_1 - v). \qquad (B)$$

Digitized by Google

On voit donc que la détermination de la force électromotrice de polarisation de la cloison, x, et de celle des électrodes, e, se ramène à la mesure d'une variation de résistance v ou v_1, à celle de l'intensité I du courant principal et à celle de la résistance v du voltamètre.

L'intensité I est égale à la somme

$$I = i_1 + i_2$$

de l'intensité i_1 du courant qui traverse la résistance r_1 et de l'intensité i_2 de celui qui traverse le galvanomètre. Si α est le déplacement du rayon lumineux réfléchi par le miroir du galvanomètre, on a

$$i_2 = \gamma\alpha$$

γ étant la « figure de mérite » du galvanomètre pour la position de l'aiguille correspondant à ce déplacement, c'est-à-dire l'intensité du courant capable de produire un déplacement de une division de l'échelle. D'autre part on a

$$i_1 r_1 = i_2 r_2$$

d'où

$$i_1 = \gamma\alpha \frac{r_2}{r_1}.$$

Par conséquent

$$I = \gamma\alpha \left(1 + \frac{r_2}{r_1}\right),$$

et la détermination de I se réduit à celle de deux résistances et à celle de γ.

Pour avoir γ, on réunissait le galvanomètre au circuit d'un élément Daniell contenant une boîte de résistance ajustée de façon que la déviation galvanométrique corresponde à un déplacement voisin de α. La connaissance de la force électromotrice de l'élément et de la sésistance du circuit permettait de calculer γ. On trouva,

$$\gamma = 0{,}000\ 000\ 265 \text{ ampère}$$

Comme γ dépend de la position de l'aiguille on avait soin, pour éviter toute erreur pouvant en résulter, de donner à l'aiguille sensiblement la même position dans toutes les expériences, ce qui était facile en modifiant convenablement la résistance r_1.

La résistance v du voltamètre était déterminée par la méthode de Kohlrausch avec une bobine d'induction et un électro-dynamomètre. La figure 2 représente la disposition des appareils; I est la bobine d'induction, E l'électrodynamomètre avec une clef k dans le circuit de la bobine mobile. Le noyau de fer doux de la bobine était plein afin d'éviter la grande différence entre le courant direct et le courant inverse qui se produit avec un noyau en fil de fer et qui peut donner lieu à une polarisation du voltamètre.

Les autres résistances étant prises sur des boîtes étalonnées, leurs valeurs étaient connues immédiatement. Comme la même boîte servait à déterminer la figure de mérite du galvanomètre, la résistance du voltamètre et à former la résistance R dans la mesure de x et de e, il n'y avait pas à se préoccuper de savoir si elle était graduée en ohms vrais ou en ohms légaux.

Huit feuilles d'or, dont les épaisseurs extrêmes étaient 0,000087 mm. et 0,25 mm., et cinq feuilles de platine d'épaisseurs comprises entre 0,000152 mm. et 0,1 mm. ont surtout été employées. Quelques expériences ont été faites avec une feuille d'argent ayant 0,0023 mm. d'épaisseur et avec deux feuilles d'aluminium ayant respectivement 0,00051 mm. et 0,4 mm. d'épaisseur. Pour les feuilles relativement épaisses, l'épaisseur était déterminée avec un sphéromètre; pour les plus minces on la déduisait du poids de la feuille et de sa surface.

Les électrolytes employés étaient : de l'eau additionnée de quelques gouttes d'acide sulfurique, des solutions aqueuses de cet acide contenant respectivement 3, 5, et 30 pour 100 en poids d'acide, une solution de sulfate de cuivre de densité 1,12, une solution de sel marin de densité 1,12, enfin une solution de potasse de densité 1,11.

Les résultats fournis par les expériences, que l'auteur indique par de nombreuses tables numériques et quelques graphiques, peuvent se résumer comme il suit :

1° La polarisation d'une feuille d'or plongée dans une dissolution d'acide sulfurique bonne conductrice est nulle ou tout au moins trop

Digitized by Google

petite pour pouvoir être décelée dans les conditions des expériences.

2° L'épaisseur critique minimum dans des solutions assez bonnes conductrices d'acide sulfurique, de sulfate de cuivre et de chlorure de sodium est *plus grande* que 0,00009 mm. pour l'or, que 0,00015 mm. pour le platine et que 0,0005 mm. pour l'aluminium ; elle est *plus petite* que 0,0004 mm. pour l'or, 0,002 mm. pour le platine et que 0,002 pour l'argent.

3° L'épaisseur critique maximum dans les mêmes conditions semble être d'environ 0,004 mm. pour l'or.

4° Pour des épaisseurs comprises entre ces deux valeurs limites, la polarisation augmente avec l'épaisseur.

5° L'étude de la variation de la polarisation avec l'intensité du courant polarisant montre deux faits intéressants : — (*a*) La polarisation des feuilles épaisses est la même dans un voltamètre contenant de l'eau acidulée à 30 p. 100 pour des valeurs de l'intensité variant entre 0,01 ampère et 0,2 ampère. — (*b*) La polarisation des feuilles minces (d'épaisseur plus petite que l'épaisseur critique minimum) dépend de l'intensité du courant polarisant.

6° Pour les feuilles épaisses la variation de la polarisation avec la durée du passage du courant polarisant est considérable et peut être observée pour des durées de plusieurs heures ; pour les feuilles minces cette variation est moins prononcée et ne se manifeste pas pour des durées aussi longues du courant polarisant.

7° La polarisation se produit, non seulement sur la portion de la feuille qui recouvre l'ouverture, mais aussi sur toute la partie de cette feuille qui se trouve en contact avec l'électrolyte. Ce fait a été observé principalement dans le cas où l'électrolyte était du sulfate de cuivre ; un dépôt de cuivre se formait sur la feuille d'or autour de l'ouverture.

8° Dans le sulfate de cuivre toutes les feuilles étaient détruites par oxydation, sauf celles dont l'épaisseur était moindre que l'épaisseur critique minimum.

9° Dans l'acide sulfurique les feuilles d'or épaisses étaient fortement oxydées, principalement avec un courant intense ; les feuilles minces ne paraissaient s'oxyder que sous l'action d'un courant intense et prolongé ; l'argent et l'aluminium s'oxydaient plus rapidement que l'or.

10° Dans les expériences faites avec les feuilles d'or épaisses plongées dans l'acide sulfurique, on constatait un dépôt d'or sur la cathode et la présence d'or dissout dans l'acide.

11° Avec le sulfate de cuivre on observait que la polarisation de la cloison atteignait presque immédiatement sa valeur définitive ; cette valeur était moindre que la valeur maximum de la polarisation dans l'acide sulfurique. Avec le chlorure de sodium la polarisation devenait constante aussi très rapidement et sa valeur dépassait la valeur maximum obtenue avec l'acide sulfurique.

12° Pour une même feuille la polarisation était du même ordre de grandeur dans les diverses solutions d'acide sulfurique ; cependant avec les courants de très faible intensité elle était sensiblement plus grande dans les solutions étendues que dans la solution à 30 p. 100 d'acide.

J. B.

Etude de la polarisation d'une cloison métallique mince placée dans un voltamètre (2e partie), **par John Daniel** (1).

Dans cette partie de son Mémoire, l'auteur s'occupe du passage des ions à travers une feuille métallique mince et de la recherche de l'intensité minimum du courant qui donne naissance à un dépôt visible des ions sur la cloison, intensité qu'il nomme intensité critique.

La feuille métallique (généralement une feuille d'or de 0,0001 mm. d'épaisseur) était fixée dans le voltamètre ainsi qu'il a été dit dans la première partie. Pour éviter le dépôt

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVII, p. 288-300; 1894.

Digitized by Google

des ions en toute autre partie de la feuille que celle qui ferme l'ouverture pratiquée dans la lame de verre lui servant de monture, on recouvrait de cire à cacheter fondue toute la portion de la feuille en dehors de cette ouverture. La mesure de l'intensité du courant polarisant, au lieu d'être faite avec un galvanomètre shunté, était effectuée avec une balance de Thomson ou avec un ampèremètre de Weston.

Pour étudier le passage des ions à travers une feuille d'or, le compartiment du voltamètre contenant l'anode était rempli d'une solution de sulfate de cuivre (1 gr. de sulfate pour 5 cm^3 d'eau); l'autre compartiment était rempli d'une solution d'acide sulfurique à 30 pour 100 en poids. Deux voltamètres identiques étaient remplis en même temps. Ces deux voltamètres étant laissés en circuit ouvert, on prélevait, à des intervalles de temps égaux, 10 cm^3 de la solution sulfurique qu'on remplaçait par un volume égal de solution neuve et on analysait cette solution, on en déduisait la quantité de cuivre ayant traversé les cloisons par diffusion. Ensuite on faisait passer le courant dans les deux voltamètres reliés en série et on analysait à des intervalles de temps égaux les solutions sulfuriques en même temps qu'on pesait les cathodes; cessant de faire passer le courant on continuait les prélèvements du liquide cathodique. On avait ainsi la quantité de cuivre traversant les cloisons avant, pendant et après le passage du courant. Par suite il était facile d'obtenir la courbe représentant pour chaque voltamètre la variation de cette quantité avec le temps. Bien que les feuiles d'or fussent aussi identiques que possible la courbe n'était pas la même pour chaque voltamètre, ce qui montre l'importance d'une faible variation de l'épaisseur de la cloison; mais, chose remarquable, aucune des deux courbes ne présentait de changement de courbure aux instants où le courant commençait à passer ou cessait de passer dans le voltamètre. Il ne semble donc pas que le passage du courant à travers la feuille d'or soit accompagné du passage de l'ion cuivre.

Pour rechercher le courant minimum nécessaire pour faire apparaître des bulles gazeuses ou un dépôt métallique sur la feuille servant de cloison le voltamètre était placé, en série avec une très grande résistance dans le circuit d'une batterie d'accumulateurs. En diminuant graduellement la résistance, on augmentait d'une manière continue l'intensité du courant jusqu'au moment où on apercevait des bulles ou un dépôt de cuivre sur la feuille.

Pour une feuille d'or plongée dans une solution sulfurique à 30 pour 100, l'intensité du courant s'élève jusqu'à 10 ampères avant qu'un dégagement gazeux soit visible sur la feuille. Pour le platine l'intensité critique a à peu près la même valeur. Pour l'aluminium l'auteur a trouvé 8 ampères.

L'intensité critique dépend d'ailleurs beaucoup de la nature de l'électrolyte. En opérant avec une même feuille d'or et seize électrolytes différents, l'auteur a trouvé des nombres variant de 0,018 ampères (dans l'acétate de plomb) à 3 ampères (dans le nitrate d'ammoniaque).

Pour un même électrolyte elle dépend aussi de la concentration de l'électrolyte; ainsi pour des solutions d'acide sulfurique de différentes concentrations et une même feuille d'or l'intensité critique peut varier de 0,23 à 10 ampères.

Enfin elle dépend de la température de la solution électrolytique.

J. B.

BIBLIOGRAPHIE

Measurement of electrical résistance, par William Arthur Price; in-8°, 199 pages Clarendon Press. Oxford.

La comparaison des résistances électriques est, de toutes les mesures électriques, celle que l'on a le plus souvent à effectuer et l'on

Digitized by Google

pourrait presque ajouter que dans le domaine de l'électricité, il n'est pas de mesure quantitative, industrielle ou de haute précision, qui n'exige une comparaison de résistances, au moins comme opération accessoire. D'un autre côté les remarquables recherches de M. Callendar et de MM. Dewar et Fleming sur la résistance du platine, celles de M. Le Chatelier, de MM. Chassagny et Abraham et de C. Barus sur les couples thermo-électriques ont montré que la détermination de la température peut toujours, même dans les cas où une extrême précision est nécessaire, se ramener soit à des comparaisons de résistances, soit à une mesure de force électromotrice qui, elle-même, demande une comparaison de résistances. Aussi le nombre des physiciens ayant besoin, à chaque instant, d'effectuer une telle comparaison est-il considérable.

C'est donc un véritable service que M. Price a rendu à la science électrique en publiant son *Traité de la mesure de la résistance électrique*, sujet familier à l'auteur qui, pendant plusieurs années, a dirigé la construction d'un grand nombre de bobines de résistances et celle d'instruments variés destinés à leur comparaison et à leur mesure. Cette haute compétence, une clarté d'exposition remarquable, de nombreuses figures schématiques et — ce qui est toujours agréable à l'œil, — une impression irréprochable assurent à ce traité un succès légitime.

Après avoir rappelé, dans le premier chapitre de l'ouvrage, les définitions et les lois relatives à la résistance électrique, M. Price consacre quatre chapitres assez étendus au *choix des matériaux employés dans la construction des étalons*, à *la construction des bobines*, à *leur enroulement* et au choix des accessoires, *commutateurs*, *clefs et pièces de connexions*. Nous avons, dans le premier numéro de ce journal, donné un résumé d'une partie de l'un de ces chapitres; il permettra au lecteur de se rendre compte du soin que met l'auteur à n'omettre aucun détail de quelque importance en pratique.

La description et le mode d'emploi des différentes variétés du pont de Wheatstone et des appareils à contact glissant de lord Kelvin et de Varley forment la matière des trois chapitres suivants. Ils sont suivis de l'exposé de la méthode de lord Kelvin pour la mesure des faibles résistances. La mesure des grandes résistances est ensuite abordée; un chapitre entier est consacré à la méthode des déviations directes; dans un autre se trouvent exposées les méthodes de mesures de ces résistances au moyen d'un électromètre, au moyen d'un condensateur et d'un galvanomètre balistique, la méthode de Cardew, etc.

Enfin dans le chapitre XII et dernier nous trouvons les méthodes de Mance, de Beetz, de Kohlrausch, pour la mesure de la résistance des piles et des électrolytes. L'auteur fait ressortir les avantages de la méthode Kohlrausch qu'il préfère aux autres.

Il n'est pas inutile de faire remarquer que M. Price s'est borné à la mesure relative des résistances. Il dit modestement dans sa Préface que, n'ayant pas la pratique expérimentale de la détermination de l'unité de résistance en mesure absolue, tout ce qu'il aurait pu dire à ce sujet ne pouvait avoir grande valeur. Ce scrupule est sans doute exagéré, mais il montre le degré de confiance que nous devons accorder aux renseignements pratiques contenus dans l'ouvrage.

Ajoutons que les équations sont absolument bannies de la partie principale de l'ouvrage; on n'y trouve aucune de ces longues discussions mathématiques si fastidieuses pour les praticiens; les résultats seuls sont indiqués à propos de la sensibilité des méthodes; tout l'appareil mathématique est relégué dans six notes, occupant une trentaine de pages, et dont la plus importante est relative à la *théorie mathématique du pont de Wheatstone*; c'est là une bonne précaution pour un ouvrage qui, par la nature de son sujet, est destiné à se trouver entre toutes les mains.

J. BLONDIN.

Digitized by Google

CHRONIQUE

En cette fin de siècle le « gibier de potence » va devenir « gibier de laboratoire ». On raconte, en effet, qu'un criminel dangereux arrêté récemment par la police de Chicago s'étant évanoui en arrivant au poste, le capitaine de police ne trouva rien de mieux que de lui faire appliquer comme remède un courant alternatif énergique. Le remède fut d'ailleurs efficace; car l'évanouissement du patient n'étant que simulé, cet individu en fut tiré par la sensation désagréable que connaissent les gens d'expérience; il jura, mais un peu tard, d'être guéri de la dissimulation.

Mais voici qui devient plus sérieux. Un médecin américain, le docteur Gibbons, adoptant la thèse du docteur d'Arsonval sur la mort apparente causée par l'électricité, se fait fort de ramener à la vie les individus électrocutés. C'est dans quelques jours qu'il doit tenter à New-York cette expérience destinée à faire quelque bruit.

D'après lui, les individus soumis à la peine capitale par une décharge électrique, ne succombent pas foudroyés. Ils sont seulement insensibilisés; c'est le bistouri des médecins opérant l'autopsie qui les achève.

Le docteur Gibbons affirme avoir ressuscité ainsi des animaux auxquels il avait fait subir les effets d'une décharge de 1,500 et même 2,000 volts.

La manière d'opérer consiste en l'injection d'une matière qu'il ne précise pas, dans les artères du patient de façon à provoquer la respiration artificielle. Il va faire son premier essai sur l'assassin Charles H. Wilson, qui doit être exécuté par l'électricité dans quelques jours, et auquel on laissera définitivement la vie, si le docteur Gibbons parvient à la lui rendre.

L'Exposition industrielle qui sera ouverte en 1896 à Berlin, comprendra une importante section d'électricité. Les différents exposants auront à fournir ensemble de 1,200 à 1,500 chevaux électriques produits par des génératrices à courant continu, à courants alternatifs simples et polyphasés. La puissance individuelle des génératrices ne devra toutefois pas dépasser 250 chevaux.

Un correspondant de l'*Elektrotechnische Zeitschrift* signale un phénomène curieux observé sur des lampes à incandescence.

Une lampe qui avait déjà fonctionné pendant un certain temps, ayant été dévissée puis remise en place, donna, pendant qu'on la vissait dans la douille et avant que le contact avec le circuit eut lieu, une faible lueur momentanée. On observa que cette lueur pouvait être reproduite en frottant le verre avec la main. En frottant énergiquement, la phosphorescence devenait assez intense pour permettre de distinguer non seulement la forme de la lampe, mais encore les aiguilles d'une montre placée en contact avec le globe. La phosphorescence disparaissait dès qu'on cessait de frotter.

On a tenté de reproduire l'expérience avec un grand nombre de lampes, mais sans succès. Parmi un lot considérable, on ne put trouver qu'une deuxième lampe donnant les mêmes effets.

L'explication de ce phénomène semble assez difficile, étant donné qu'il n'intervient aucune autre source d'électricité que celle due au frottement du verre.

Dans une usine qui empruntera un millier de chevaux à la Compagnie des forces motrices du Niagara, on va commencer la fabrication en grand du carborundum, ce produit d'une très grande dureté que M. Tesla a employé dans ses célèbres expériences et qu'il a fait connaître en Europe.

Le procédé de fabrication de cette matière est le suivant : Du coke en poudre très fine est mélangé avec du sel ordinaire et du sable fin dans les proportions de 20 parties de coke, 25 parties de sable et 5 parties de sel. Ce mélange est placé dans un four autour d'un noyau de coke ; puis on y fait passer un courant de 950 à 1000 ampères entre deux jeux de neuf charbons de 5 cm. de diamètre ; le courant est maintenu pendant dix à quatorze heures. Après refroidissement, on enlève les parois du jour, on casse la croûte supérieure et on sort le carborundum. Les cristaux sont lavés, broyés et sélectionnés par ordre de grosseur dans un courant d'eau comme on le fait pour l'émeri.

Cette matière sert principalement à la confec-

Digitized by Google

tion de meules à la place de l'émeri. L'année dernière on a produit plus de 7000 kg de carborundum.

Connaissez-vous la dernière production du génie américain? Elle consiste en un ventilateur électrique soufflant de l'air chaud sur la tête du patient qui vient de se faire infliger un « schampooing ». Le chapitre des applications diverses comprendra donc dorénavant un paragraphe relatif au « schampooing électrique »; ces coiffeurs sont décidément dans le mouvement.

Les parties de plaisir en nombreuse société sont très goûtées aux Etats-Unis. Aussi, les compagnies de tramway font-elles tous leurs efforts pour mettre à la disposition des excursionnistes leurs moyens de transport rapides et confortables. La West End Company, de Boston, par exemple, a créé deux voitures de luxe spécialement destinées à cet usage.

Un projet original est celui soumis à la municipalité de Saint-Pétersbourg par la Compagnie des bateaux à vapeur de Finlande. Cette compagnie propose de faire marcher pendant l'hiver, un tramway électrique sur la glace de la Néva, entre le quai du Palais et le quai Mytninski. Chaque voiture porterait 20 voyageurs et la vitesse serait de 20 verstes à l'heure.

Pour éviter tout danger de brûler l'armature des moteurs électriques au moment du démarrage on emploie le dispositif suivant. Un électromoteur est monté en série entre la génératrice et le moteur, une extrémité du fil est reliée au noyau de fer qui porte un crayon de charbon. Un autre charbon inférieur communique avec le circuit extérieur.

Quand on ferme le circuit il se forme un arc entre les charbons. A mesure que la vitesse du moteur augmente, l'arc se raccourcit et finalement, dans les conditions de fonctionnement normal les charbons sont au collage.

Ce dispositif restant en circuits peut agir également comme coupe-circuit de sûreté pour les cas de surcharge brusque du moteur ou de mise en court circuit de son armature

---

Il existe à Londres une association pour l'introduction du système décimal dans les unités de mesure. Cette association s'occupe en ce moment de faire examiner par le Parlement anglais l'adoption du système métrique de poids et mesure. Une action parallèle est engagée aux Etats-Unis.

Les machines utilisant la force centrifuge telles que les turbines des sucreries et les essoreuses se prêtent bien, à cause de la grande vitesse de rotation, à l'actionnement direct par des moteurs électriques. Les moteurs à courant continu offrent toutefois l'inconvénient de la surveillance qu'il faut exercer sur les balais et le collecteur; en outre, les vibrations des arbres font que ces moteurs ne peuvent marcher sans donner d'étincelles. Afin d'obvier à cet inconvénient, la Société générale d'électricité de Berlin a créé un type spécial de moteur à champ tournant sans commutateur ni balais. Ces moteurs peuvent supporter de grandes surcharges, ce qui dans l'application aux machines centrifuges, qui mettent souvent en mouvement de grandes masses, est un avantage.

On cite une grande sucrerie où 91 de ces moteurs, d'une puissance totale de 490 chevaux, ont été installés sur des turbines.

Une extinction de lampes électriques due à une cause singulière s'est produite le mois dernier à Riverhead (Etats-Unis). La station centrale utilise la force motrice d'une roue hydraulique. Cette roue se ralentit graduellement et finit par s'arrêter. On chercha vainement à la remettre en route, et, après force recherches, on finit par découvrir qu'elle était arrêtée par un amoncellement d'anguilles de toutes les tailles, pesant jusqu'à cinq à six livres.

Il est question d'introduire à Brescia l'éclairage électrique et d'établir un réseau de tramways électriques.

A Palerme, la question de la création d'une ligne à traction électrique est également à l'étude.

Une usine d'éclairage électrique a été mise en marche à Toscanella. Elle comprend un alterna-

Digitized by Google

teur Œrlikon de 33 kilowatts actionné par une turbine.

L'usage du téléphone se répand aux Indes. On compte actuellement 1360 abonnés à Calcutta, Madras, Bombay, Karachi, Rangoon et Moulmein, et 205 postes téléphoniques affectés à l'administration télégraphique.

Un constructeur anglais a adopté pour les embarcations électriques un dispositif analogue au gouvernail électrique de M. Trouvé. Mais le moteur, au lieu d'être placé sur la tête du gouvernail, est enfermé hermétiquement dans une caisse au dessous de la ligne de flottaison.

Un nouveau torpilleur sous-marin vient d'être essayé en Australie. Ce bateau, mû par l'électricité peut rester plusieurs jours sous l'eau. On nous dit que les projectiles qu'il lance sont attirés magnétiquement par la cuirasse des navires auxquels ils sont destinés.

L'Electric Storage Company, de Londres, construit un nouveau type d'accumulateurs disposé spécialement pour la traction et pour l'éclairage des trains et d'autres véhicules. Pour répondre à ce but, la disposition des plaques est telle que les oxydes de plomb ne peuvent pas tomber des grilles.

Ces éléments se construisent comme suit : On coule une grille formée d'un fort barreau horizontal et de barreaux verticaux plus légers. Sur ces derniers on tend des bandes de celluloïd perforées destinées à retenir la pâte. Dans une presse la surface du plomb est rendue rugueuse pour mieux retenu la matière active Après application de la pâte, la plaque est placée dans une enveloppe de celluloïd perforée de très grand nombre de petits trous offrant peu de résistance au passage du courant.

Pendant la formation la plaque se gonfle et s'applique fortement contre les parois de l'enveloppe. Les fragments d'oxyde ne peuvent donc tomber, même sous l'effet de chocs continuels.

Les constructeurs disent que le poids de ces batteries et de 50 à 60 o/o moindre que celui des batteries existantes, que la décharge peut être très rapide, qu'elle peut être poussée sans inconvénient jusqu'à 1,2 volt, et que la résistauce intérieure est faible parce que les plaques sont très rapprochées.

A Berlin, on avait assez mal accueilli les différents projets de chemins de fer électriques souterrains, le sous-sol de cette ville se prêtant difficilement à la construction de tunnels. Mais les promoteurs ont fait une démonstration pratique en construisant d'après leur système un tunnel entre Treptow et Spralow. Un chemin de fer électrique y circulera bientôt. et jouera un rôle à l'Exposition projetée pour 1896.

Suivant le *Journal télégraphique*, on a installé l'année dernière aux Pays-Bas 70,9 kilomètres de nouvelles lignes télégraphiques et 410,9 km. de nouveaux conducteurs, de sorte qu'au 1er janvier 1894 le réseau de l'Etat néerlandais, comprenait 5538,6 kilomètres de lignes et 1987,8 km de conducteurs. La longueur des câbles souterrains s'est accrue de 8,9 kilomètres, celle das câbles sous-marins de 1,3 km. En tout, il y avait en service 345,7 kilomètres de câbles.

Le nombre des bureaux télégraphiques était de 815 dont 20 nouveaux; on comptait 236 bureaux ordinaires, 38 bureaux auxiliaires, 241 desservis par le téléphone et 7 stations sémaphoriques; en outre 331 bureaux particuliers.

Le service était assuré par 535 appareils Morse, 70 Hughes 4 Hughes Duplex et 382 téléphones, en tout 991 appareils. Il faut y ajouter 4 relais d'Arlincourt-Willot intercalés dans les lignes reliant Londres à Berlin et Hambourg.

Pour les communications internationales i existe 19 lignes allant en Allemagne, 8 lignes vers Lomdres et 12 lignes vers les bureaux belges et français.

Le bureau le plus important est celui d'Amsterdam ; on y a constaté l'année dernière un trafic de 5087 896 dépêches. Vient ensuite le bureau de Rotterdam avec 2 358 151 dépêches.

A Worcester (Angleterre) on vient de mettre en marche une station centrale d'électricité dont la force motrice est fournie par les chutes de la

Digitized by Google

Terne, jusqu'alors inutilisées. Plusieurs turbines de 300 chevaux ont été installées, et l'on a ajouté comme réserve un groupe générateur à vapeur de 850 chevaux.

L'industrie électrique en France

Paris. — Le tramway à trolley aurait-il quelque chance de pénétrer dans la Ville-Lumière ? Il faut l'espérer, car voici la proposition formulée par M. Lazies au conseil municipal :

« La grande voie qui part du pont de Tolbiac pour aboutir au pont Mirabeau en traversant les 13e, 14e et 15e arrondissements sous le nom de rues de Tolbiac, d'Alésia et de Vouillé, doit être pourvue d'un tramway.

L'administration pourrait dès ce jour entamer des négociations avec :

1° La Compagnie des Omnibus ;

2° La Compagnie française d'exploitation des procédés Thomson-Houston ;

3° Et la Compagnie du secteur électrique de la rive gauche, dans le but d'établir un accord entre ces trois compagnies pour l'établissement de cette ligne d'après le type adopté au Havre. Le système de traction électrique par câble aérien ne présenterait pas, dans cette voie, le moindre inconvénient.

Cette combinaison aurait l'avantage pour chaque compagnie, de réduire les frais généraux dans une grande proportion et permettrait l'éclairage électrique de cette voie et des deux ponts, au prix de l'éclairage par le gaz.

Je demande le renvoi de ma proposition à l'administration. »

Ces conclusions ont été adoptées.

Beaumont-de-Lomagne (Tarn-et-Garonne). — Une chute d'eau de 50 chevaux environ se trouvant disponible dans le voisinage de ce gros bourg de 4000 habitants, le Conseil municipal a décidé l'utilisation de cette chute à l'éclairage électrique, tant public que particulier.

La concession de l'entreprise, pour une durée de 26 années, avec traité renouvelable en fin de concession, a été cédée à M. Albert Laforgue, constructeur à Saint-Clar (Gers).

Couhé-Vérac (Vienne). — On va prochainement inaugurer l'usine municipale destinée à fournir à cette ville l'éclairage public et particulier. La force motrice sera empruntée à une roue hydraulique d'une puissance de 9 à 10 chevaux, et en cas de besoin à un groupe formé d'un moteur à vapeur horizontal alimenté par un générateur multitubulaire.

Cette station, créée par M. Eugène Wells, constructeur électricien à Poitiers, présente ce caractère intéressant qu'elle n'aura pas pour objet unique la fourniture de l'énergie électrique, mais comprendra aussi une minoterie publique, et des appareils permettant de réaliser la distribution de l'eau dans tout le pays. De cette manière, rien n'empêchera d'avoir une utilisation parfaite de la puissance hydraulique disponible, en faisant par exemple, marcher dans le jour les appareils de minoterie, le soir, la dynamo, d'une puissance de 8 kilowatts, fonctionnant sous 120 volts; la nuit enfin, les appareils élévatoires.

Orléansville (Algérie). — L'entreprise d'éclairage électrique de cette ville passe par bien des vicissitudes. L'énergie était d'abord produite par une chute d'eau située à 7 kilomètres de la ville. Par suite d'irrégularités et d'insuffisance dans le débit, on dut abandonner la chute et recourir à la vapeur.

L'Etincelle électrique nous apprend maintenant que MM. Gastambide et Rouzet, entrepreneurs actuels, viennent de commander un moteur à gaz pauvre de 20 chevaux. Ce ne sera peut-être pas la plus mauvaise solution, les moteurs à gaz pauvre étant à l'heure actuelle, absolument pratiqués et très économiques.

Roubaix (Nord). — Une décision importante, en ce qui concerne l'emploi du charbon dans les stations centrales, est récemment intervenue dans cette ville.

En juin dernier, trois industriels roubaisiens intentèrent un procès à la ville de Roubaix, en remboursement des droits d'octroi réclamés par cette dernière, sur le charbon consommé pour l'éclairage électrique. Le juge de paix rendit son arrêt en faveur des industriels. L'affaire revenait le 25 octobre en appel devant le tribunal civil de Lille qui a purement et simplement confirmé le jugement.

Ajoutons que la ville de Roubaix a l'intention de pousser les choses plus loin et d'en saisir la Cour de cassation.

Le Gérant : L. DENNERY.

Imprimerie ALCAN-LÉVY, 24, rue Chauchat, Paris

Digitized by Google

1re Année — Samedi 1er Décembre 1894 — N° 12

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITE

3, RUE RACINE, PARIS

Directeur P. H. LEDEBOER, Docteur ès-sciences

SOMMAIRE. — Papillométrie et Photométrie, Ch. Henry. — La transmission électrique de l'heure aux Etats-Unis, G. Pellissier. — Méthode pour annuler les effets de l'inductance dans les circuits parcourus par des courants alternatifs, R. Arno. — Les voitures automobiles électriques, J. Reyval. — La station centrale d'électricité de Francfort — Extraits de la presse industrielle. — Communications : Arcs alternatifs et Arcs continus. — Manchon protecteur pour charbon de lampe à arc de Hardsmuth. — Station centrale de Calais. — Les chaufferies à pétrole de l'Exposition de Chicago. — Notes sur les tramways électriques aux Etats-Unis, par M. Wilhinson. — Revues des travaux scientifiques. — Calcul du champ magnétique d'un courant circulant dans une bobine cylindrique, par G. Minchin. — Recherches sur les rayons de force électrique ; production objective facile de ces rayons, par L. Zehnder. — Sur l'électricité des gouttes, par J.-J. Thomson. — Magnétisme de cylindres de fer creux et pleins, par O. Grotrian. — Sur l'électrisation de l'air, par lord Kelvin et Magnus Maclean. — Sur les diélectriques, par R. Appleyard. — Chronique.

PUPILLOMÉTRIE ET PHOTOMÉTRIE (1).

L'INTENSITÉ DE LA VISION MENTALE ET LA PUPILLE

M. Charles Richet m'a posé ce problème : « *Y a-t-il des variations du diamètre de la pupille à l'idée de distances plus ou moins grandes* ?

Pour démontrer cette influence il fallait rechercher un procédé expérimental éliminant toutes les causes autres que l'imagination. L'identité d'éclat rétinien s'imposait. Les objets employés à l'expérience devaient être de même dimension. Si l'on regarde à travers un des trous du pupillomètre de Robert Houdin, les carrés de la figure 1, on voit nettement, quoique dans une faible mesure, la pupille augmenter de diamètre quand les carrés augmentent de dimension ; le nombre des éléments rétiniens soustraits à la lumière est, pour une même distance, proportionnel aux côtés des carrés : il doit donc y avoir dilatation pupillaire plus grande pour les grandes figures.

Si l'on regarde à travers un des trous du pupillomètre de Robert Houdin la suite des verticales de la figure 2, qui est la perspective d'une rangée de droites dont le plan forme

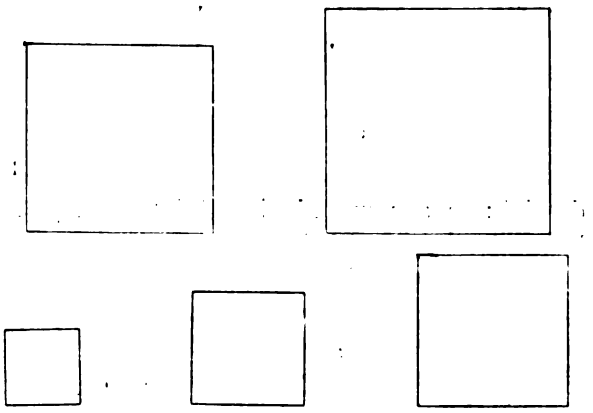


Fig. 1.

un certain angle avec le plan de déplacement de l'observateur, on constate, quand l'œil s'avance vers les droites les plus petites, apparemment les plus éloignées, deux effets contraires : dilatation ou contraction pupillaire suivant qu'on a ou non la notion de la perspective.

Quand on ne voit que des différences de dimensions entre les lignes, il y a dilatation pupillaire plus grande à la vision des lignes les plus grandes ; c'est le même phénomène que dans le cas précédent des carrés inégaux. Au

(1) *L'Eclairage Electrique*, 3 novembre 1894.

Digitized by Google

contraire, quand on considère les droites les plus petites et qu'on les voit plus éloignées que les droites plus grandes, la pupille se dilate plus qu'à la vision des droites plus grandes ; ceci sans aucun doute, car il y a accomodation pour un objet éloigné sous l'influence de l'idée de l'éloignement.

C'est là un de ces exemples nombreux de mouvements inconscients provoqués par l'idée : On sait que dans le travail cérébral intense, sans effort de vision réelle, les muscles de l'œil sont fatigués, absolument comme s'il y avait eu des efforts d'accommodation : d'autre part, l'expérience, facile à répéter, montre que l'idée d'un objet éloigné fait empiéter l'un sur l'autre les deux cercles de diffusion que l'on regarde dans le pupillomètre sur le fond blanc du ciel : on accommode immédiatement pour le ciel à l'idée de l'objet éloigné. Enfin, c'est un fait d'observation vulgaire que la divergence relative des axes visuels à l'idée de l'éloignement ou sous l'influence d'une idée fixe ; or, nous savons qu'il y a dilatation pupillaire en même temps que divergence des axes visuels selon une loi qu'il s'agit de préciser.

On constate encore ou de la dilatation ou de la contraction pupillaire suivant que l'on considère comme éloignés ou rapprochés les carrés internes des deux figures 3 : on peut provoquer à volonté avec ces figures les illusions d'un solide ouvert antérieurement et profond ou d'un solide fermé antérieurement dont la face antérieure proéminerait. Dans ces nouvelles expériences, un peu plus difficiles à réussir que les précédentes, il y a encore une mise en jeu différente de l'accommodation, provoquée à l'idée de distances différentes. De ces faits on peut conclure : sous l'influence de l'idée de distances plus ou moins grandes, il y a des changements d'accommodation et ces changements d'accommodation entraînent des modifications du diamètre de la pupille.

M. Tscherning, par des considérations de divers ordres a été conduit à attribuer le changement de forme du cristallin dans l'accommodation à une traction exercée sur la *zonule*, qui tendrait à aplatir les parties périphériques du cristallin et à donner à la partie centrale une courbure plus grande, en la forçant à se mouler au noyau : il incline à considérer la contraction accommodatrice de la pupille comme un fait purement mécanique dû à la diminution de tension dans la chambre antérieure et analogue à la contraction pupillaire qui accompagne l'écoulement de l'humeur aqueuse après une paracentèse (1). Cette dernière contraction doit être purement mécanique, puisqu'elle a lieu longtemps encore après la mort. Dans ces conditions il est d'autant plus intéressant de savoir si les quantités de lumière reçues par la rétine étant les mêmes d'une expérience à l'autre, l'accommodation ne s'exerçant dans aucun cas, mais les distances de l'objet étant aussi différentes que possible, on peut constater des modifications dans le diamètre de la pupille à l'idée des distances différentes de l'objet.

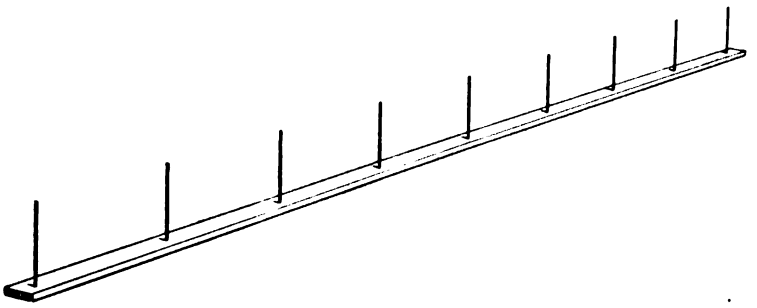


Fig. 2.

Voici l'artifice par lequel j'ai réalisé ces conditions expérimentales. Je colle sur une

(1) On appelle *paracentèse* une opération dont le but est de retirer un liquide accumulé dans une partie du corps et principalement dans une cavité séreuse.

Digitized by Google

carte de bristol blanc un secteur circulaire gris jaunâtre de 30° et de 29 millimètres de rayon et je le fais considérer, dans une pièce aussi uniformément éclairée que possible, à travers un des trous du pupillomètre de Robert Houdin, en appliquant contre cet instrument une lentille convergente de 10 dioptries et j'éloigne le plan d'épreuve sur une règle divisée comme le montre la figure 4 jusqu'à ce que le sujet ne perçoive plus qu'une ombre à peine perceptible. J'ai provoqué par l'addition de la lentille une myopie artificielle, c'est-à-dire que j'ai diminué l'amplitude maxima de l'accommodation ; à cet instant l'accommodation du sujet ne peut plus fonctionner, car l'image de l'objet pour une distance plus grande se formerait en avant de la rétine et l'accommodation, en augmentant la courbure du cristallin, ne ramène sur la rétine que les images qui provenant d'objets trop rapprochés, se forment derrière la rétine. Cette distance une fois trouvée, je prie l'observateur de mesurer sa pupille à cet instant. Je détermine ensuite au cordeau la distance plus grande à laquelle le même secteur, vu à l'œil muni du pupillomètre, sans addition de la lentille, ne lui apparaît plus que comme une ombre à peine perceptible, la même que dans la précédente expérience et je le prie de mesurer de nouveau sa pupille. Chez un grand nombre de sujets, les *visuels*, la pupille est plus grande que dans le premier cas. La pupille se dilate donc, à l'idée de l'éloignement d'un objet, l'éclat rétinien restant le même et l'accommodation étant nulle.

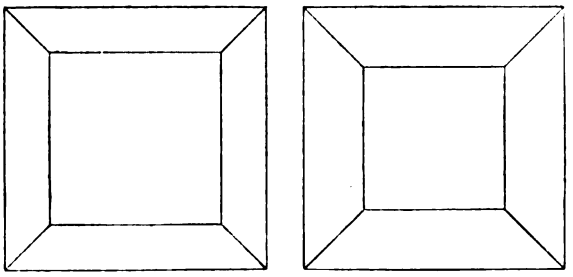


Fig. 3.

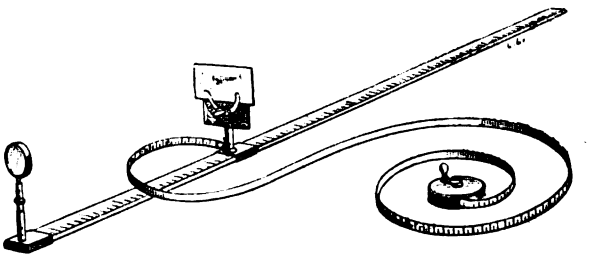


Fig. 4.

Ces expériences sont fatigantes : l'observation simultanée de l'objet à travers le trou du pupillomètre et des cercles de diffusion exige des changements brusques de l'accommodation : quoique l'observation simultanée de la pupille soit en principe meilleure que l'observation successive, elle donne de moins bons résultats théoriquement, à cause de la fatigue qu'elle entraîne. J'ai donc instauré, aussi pour éviter toute variation dans l'éclairage ambiant et toute chance d'admission de lumière à l'intérieur du pupillomètre, une série d'expériences avec un angle de 51°5 et de 25 mm. de côtés dans la chambre noire, à la lueur d'une bougie : les déterminations pupillométriques étaient faites aussi vite que possible après l'expérience sur l'œil qui venait d'observer. Naturellement on se plaçait pour ces mesures toujours à la même distance de la bougie ; d'autre part on plaçait la bougie à la même distance du carton de bristol observé dans les deux expériences.

L'œil n'étant pas à la même distance de l'objet dans les deux expériences, l'*iris* ne reçoit pas la même quantité de la lumière : elle en reçoit beaucoup plus dans le premier cas que dans le second. L'iris se contracte sous l'action directe de la lumière, comme on l'a vu précédemment : mais cette cause ne suffirait à expliquer les différences notables qui seront relatées ; d'autre part, elle agirait sur toutes les pupilles indistinctement. Or le fait de la dilatation dans la 2e expérience, n'est pas général : il semble bien lié à une caractéristique psychique. Je l'ai trouvé très net chez certains sujets doués d'une grande intensité de vision mentale, cultivant par exemple avec goût et succès la géométrie des-

Digitized by Google

criptive, tandis que d'autres sujets plutôt auditifs ou moteurs ne présentaient pas ou très peu le phénomène.

En résumé, on peut considérer comme mesurant l'intensité de la vision mentale la fraction $\frac{\Delta - \Delta_1}{\Delta_1} = M$, en désignant par Δ le diamètre de la pupille lors de la perception du minimum perceptible à l'œil nu, par Δ_1 le diamètre de la pupille lors de la perception du minimum perceptible à travers la lentille.

C'est une nouvelle quantité dont il faudra tenir compte dans la discussion des variations individuelles du minimum perceptible de lumière et qui expliquera sans doute bien des divergences des observateurs. La caractéristique psychique dont cette fraction est une mesure a aussi une grande influence sur une propriété de l'œil, l'aberration de sphéricité, comme nous le verrons dans un prochain travail.

Tableau de quelques coefficients d'intensité de vision mentale.

Sujets	Vision à l'œil nu			Sujets	Vision à travers le pupillomètre		
	Δ	Δ_1	M		Δ	Δ_1	M
F	6.5	3.5	0,85	F	6.5	4.5	0,444
F	5.5	3.5	0,571	J	9.5	8.	0,18
D	6.5	5.5	0,181	D	7.5	7.	0,71
A	9	7	0,28	A	5.5	4.75	0,158
H	5.5	3.5	0,571				
F	8.5	7.5	0,133				
M	6,75	6.25	0,08				
K	8.2	6.5	0.2				
B	8.5	6.5	0,3				

CHARLES HENRY.

(A suivre.)

LA TRANSMISSION ELECTRIQUE DE L'HEURE AUX ÉTATS-UNIS (1)

A la transmission des signaux à la seconde dans Washinghton et du signal quotidien donnant l'heure exacte de midi dans toute l'Amérique, se borne le service officiel de l'Observatoire.

Mais, comme nous l'avons dit, la Western Union Telegraph Company reçoit les signaux de l'Observatoire et, à son tour, en coopération avec la Self Winding Clock C°, elle transmet l'heure vraie et corrige les horloges des particuliers qui le désirent.

Nous prendrons comme exemple l'organisation du bureau Central de Chicago.

Chacun des sous-centres, comme Chicago, comprend une horloge directrice de haute précision, qui est réglée d'après les signaux de Washington et qui, au moyen de relais transmet les signaux électriques sur les réseaux spéciaux dans sa dépendance.

Occupons nous d'abord du réglage de l'horloge directrice.

On voit sur le diagramme de la figure 11, en M. un appareil télégraphique Morse, représenté séparément en figure 12, muni de quatre plumes commandées chacune par un électro-aimant particulier. Ce Morse remplit le rôle de chronographe. Si les quatre plumes sont actionnées au même moment, quatre points sont tracés l'un au-dessous de l'autre exactement, suivant une perpendiculaire à l'axe longitudinal de la bande de papier qui se déroule avec une vitesse uniforme exactement connue. Si, au contraire, les électro-aimants sont animés successivement, les points seront plus ou moins espacés l'un de l'autre, comme le représente la figure 13, et le temps qui s'est écoulé entre la réception des signaux sera mesuré avec précision par la distance séparant les points. Un des électro-aimants est actionné, au moyen du relai A, par l'horloge directrice de Chicago ; un autre enregistre les signaux reçus tous les jours à midi de Washington. Le Morse de Chicago a quatre plumes afin de pouvoir comparer si l'on veut les horloges de trois observatoires. Mais en principe, les deux plumes ci-dessus sont suffisantes.

L'erreur de l'horloge directrice étant déterminée, le réglage s'effectue sans peine et les

(1) L'*Eclairage Electrique* du 17 novembre 1894.

Digitized by Google

signaux transmis par cette horloge donnent l'heure avec autant de précision que s'ils étaient reçus directement de Washington.

Ces signaux sont transmis, par l'intermédiaire de relais fixés sur un tableau central de distribution représenté sur la droite de notre figure 11, aux abonnés qui sont reliés au bureau *par des fils spéciaux*. Ce tableau central porte 28 relais contrôlant chacun un circuit séparé.

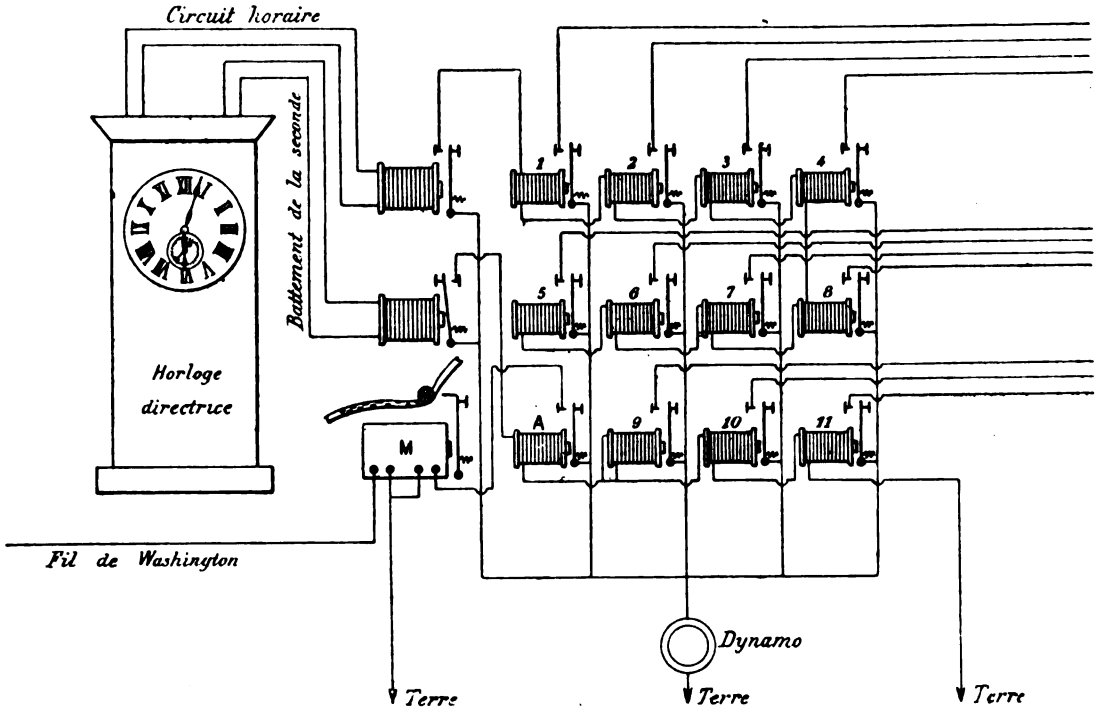


Fig. 11. — Schéma du réseau de distribution de l'heure à Chicago.

Sur huit de ces circuits sont montés en tension les abonnés qui, comme les horlogers et les chemins de fers, ayant besoin de l'heure exacte, reçoivent les signaux à la seconde. Ces signaux sont reçus par des batteurs de temps formés d'un simple relai télégraphique. Par suite d'interruptions régulières, les abonnés savent quels sont les signaux correspondant à la première seconde de chaque heure, minute et demi-minute. On emploie des relais de préférence à des horloges synchronisées parce qu'on peut obtenir ainsi, comme l'a du reste fait remarquer M. Wolff, une comparaison beaucoup plus exacte ; l'aiguille des secondes peut parfaitement, en effet, ne pas indiquer le temps à une fraction de seconde près, par suite de différences dans l'échappement ou d'une interruption de service causée par un accident au fil de transmission. Ces abonnés n'ont donc aucune autre horloge que leurs chronomètres ordinaires, absolument indépendants, et qui sont corrigés à la main d'après les indications du batteur de temps.

Les chemins de fer emploient ce service pour synchroniser les horloges situées dans leurs stations importantes, de la façon suivante :

Deux minutes avant l'heure, l'horloge directrice transmet ses signaux toutes les secondes aux lignes de chemins de fer, au moyen d'un relai construit pour les répéter dans un ou plusieurs circuits, suivant qu'il est nécessaire. Ces signaux continuent jusqu'à 30 secondes avant l'heure. Après cet intervalle et juste au commencement de l'heure, le signal définitif, destiné à corriger les horloges est transmis à travers toutes les horloges qui, pen-

Digitized by Google

dant ces 30 secondes ont été intercalées dans le circuit.

Les 20 autres relais du tableau central contrôlent les horloges des abonnés ordinaires qui sont entièrement automatiques et sont remises exactement au moyen de signaux horaires. Nous décrirons plus bas ces horloges.

En se reportant à la figure 11, ou peut noter qu'il y a deux circuits émanant de l'horloge directrice et actionnant chacun un relai différent. L'un sert à la transmission des signaux à la seconde, l'autre, à la transmission des signaux horaires. Le premier contient un interrupteur de courant semblable à celui que nous avons décrit à propos de l'horloge directrice de Washington ; son relai commande à son tour les relais A, 9, 10 et 11. Les signaux sont transmis chaque seconde excepté pour une période de 1 1/2 minute commençant 30 secondes avant l'heure. Cette interruption est effectuée automatiquement au moyen d'une roue entraînée par la minuterie qui met le relai principal en court circuit.

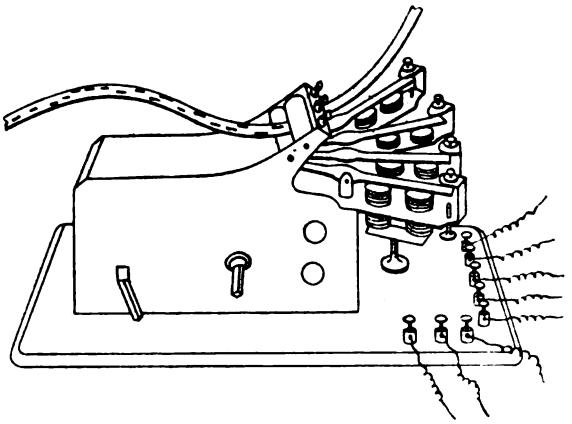


Fig. 12. — Appareil Morse enregisireur à 4 plumes.

Le second actionne le relai B qui répète le signal dans les 20 autres relais, au moyen du dispositif suivant, imaginé par M. Chester H. Pond (fig. 14 et 15).

Sur l'axe des secondes a, est fixée une came isolante b ; deux bras métalliques isolés l'un de l'autre c^1 et c^2, montés à ressort et destinés à fermer le circuit, sont montés sur un bloc isolant C, pivoté en d. Chacun d'eux porte une pointe en platine f^1 et f^2 se regardant et situées l'une en dessous de l'autre. Les extrémités des deux bras c^1 et c^2 sont amenées dans le même plan et reposent sur un bloc isolant h, porté par un bras h^1, solidaire de C. Dans cet état les deux pointes f^1 f^2 ne sont pas en contact et le circuit est ouvert. Le bras inférieur c^2 est un peu plus court que le second. Si donc ils pressent sous deux sur la came b, le premier tombera d'abord et fermera le circuit en f^1 f^2; un peu plus tard, le bras c^1 tombera à son tour et rompra le circuit. Le contact durera plus ou moins suivant la différence de longueur des deux bras; en pratique, l'émission de courant dure juste une seconde. Il est évident que la même action se reproduirait à chaque minute si les bras c^1 et c^2 reposaient constamment sur la came b ; afin de l'éviter et

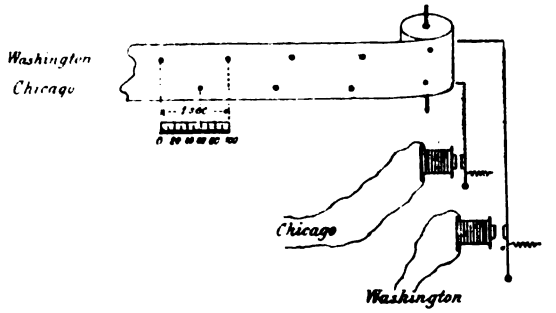


Fig. 13. — Enregistrement chronographique au moyen de l'appareil Morse.

aussi pour soulager l'arbre des secondes de ce frottement inutile, le bloc C les écarte en temps ordinaire de la position de contact. A cet effet, il porte une tige K qu'un ressort n appuie constamment sur un disque M, solidaire de l'arbre des minutes K; ce disque porte une entaille m, dans laquelle l'extrémité de la tige K vient tomber une fois toutes les heures, amenant ainsi c^1 et c^2 en contact avec b. Ce dispositif permet de transmettre le signal avec une grande précision et d'en modifier la durée ; il présente en outre l'avantage de reporter le frottement sur l'arbre des minutes qui, par suite de son mouvement lent, peut le supporter sans que la pendule en soit sensiblement retardé.

Digitized by Google

L'horloge directrice commande une ou plusieurs lignes ; en fait, il n'y a pas de limite au nombre de circuits qui peuvent être ainsi actionnés par la même source, non plus que des horloges qui peuvent être remises à l'heure : Par exemple, le bureau central de Chicago commande 20 circuits horaires qui comprennent chacun de 20 à 200 horloges. Toutes celles-ci sont montées en tension.

Ce sont des horloges connues sous le nom

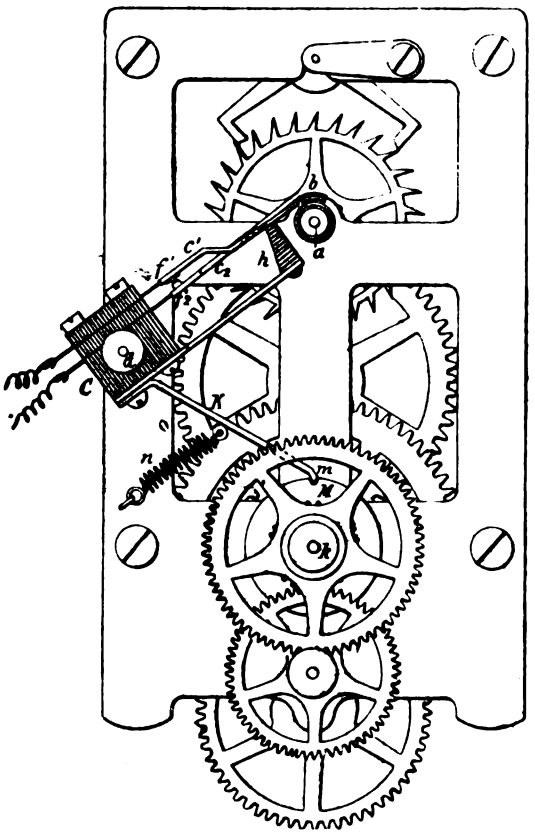


Fig. 14. — Horloge directrice de Chicago (Contact horaire).

de Self Winding Clocks (Horloges à remontage automatique)

Elles se composent (fig. 16) d'un mouvement d'horlogerie ordinaire très simple, à balancier. Le moteur est un petit ressort ordinaire en spirale, long de 1 m. 80, large de 0 m. 015, épais de 0 m. 00015 environ ; ses extrémités sont fixées au centre de l'arbre des minutes et à la périphérie du barillet.

Un petit moteur électrique, actionné par deux éléments Leclanché placés dans la cage de l'horloge, remonte le ressort une fois toutes les heures en lui faisant faire un tour complet. Le contact qui ferme le circuit du moteur est établi par un bras A, monté librement sur l'arbre central et entraîné par une cheville solidaire de la roue des minutes, jusqu'à ce qu'il soit en contact avec le ressort isolé B ; lorsque le barillet a fait un tour complet une tige C qui lui est fixée, vient pousser A et le faire retomber à sa position inférieure où la cheville viendra le reprendre après une rotation de 180° pour refermer le circuit au demi-tour

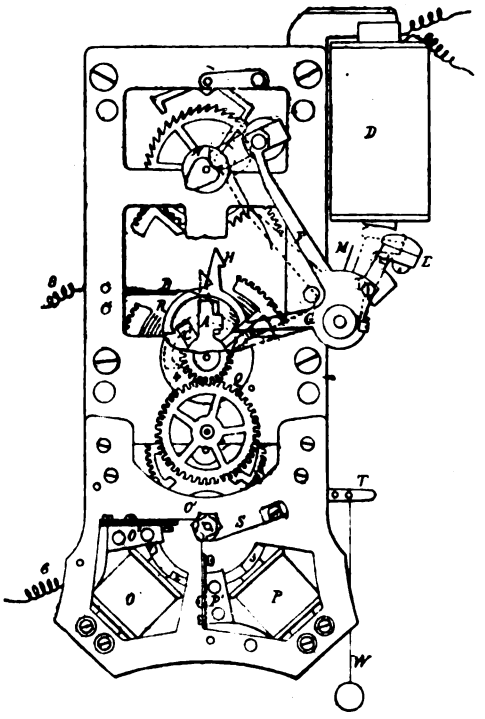


Fig. 15. — Horloge à remontage automatique et à remise à l'heure électrique.

suivant, c'est-à-dire une heure juste après le précédent contact. La puissance nécessaire pour remonter un ressort d'horloge ordinaire est d'environ 0,003 kilogrammètre par heure c'est-à-dire la $\frac{1}{1.500.000}$ partie d'un cheval vapeur ; elle est environ moitié moindre dans le cas présent, par suite de la faiblesse du ressort employé ; un moteur très faible est donc suffisant et les piles, bien que de dimensions

Digitized by Google

minuscules durent plus d'une année sans exiger de soins. En employant des piles d'un plus grand modèle, on pourrait sans inconvénient les faire servir plusieurs années de suite.

Ces horloges présentent des avantages marqués.

D'abord, l'absence de soins et la suppression du remontage à la main.

Ensuite, le remontage fréquent et régulier permet de diminuer les trains d'engrenage, ce qui réduit les frottements et permet d'établir les horloges à bas prix; il assure, de plus, une uniformité d'action motrice éminemment propre à la marche régulière de l'horloge. En fait, nous avons pu nous assurer par nous-mêmes que leur marche était d'une régularité remarquable.

Il faut noter aussi que le remontage se fait dans la direction même du mouvement, ce qui assure, sans dispositif spécial, la continuite de l'action.

La remise à l'heure est complètement indépendante du mécanisme précédent; nous en représentons les organes principaux sur la droite de la figure.

Le courant transmis par l'horlogne directrice toutes les heures, passe par l'électro-aimant D qui, attirant son armateur E abaisse les deux leviers F et G jusqu'à ce que les pointes du dernier s'engagent dans les projections 4 et 5 de la roue des minutes et que le premier appuie sur la canne en forme de cœur fixée sur l'arbre des secondes. Les deux aiguilles des secondes et des minutes sont ainsi ramenées à l'heure juste par un simple décalage, qu'elles aient été en avance ou en retard, et cela sans agir sur le mécanisme.

Comme, pendant une heure, ces horloges d'une marche régulière n'ont pu varier que d'une quantité insignifiante, et que les erreurs ne peuvent s'accumuler, le synchronisme pratique de toutes les horloges en circuit est atteint La durée assez longue du courant correcteur (1 seconde) assure le bon fonctionnement du système, et grâce au soins apportés à la surveillance des lignes, les interruptions sont excessivement rares. L'ensemble du système donne pleine satisfaction. Nous insistons sur ce point car il prouve qu'une transmission électrique de l'heure peut parfaitement réussir, même sur une aussi vaste échelle, quoiqu'on en ait dit, et que le tout dépend d'une question d'organisation et surtout de soins.

Le bureau central de Chicago seul a près de 2,000 abonnés. Il transmet l'heure à Aurora, Bloomington, Bushwell, Cairo, Canton, Centralia, Champaign, Danville, Decatur, Elgin, Galena, Galesburg, Jacksonville, Joliet, Kankakee, La Salle, Maroa, Milford, Moline, Monmouth, Ottawa, Ottumwa, Pekin, Peoria, Peru, Quincy, Rockford, Rock-Island, Springfield et Streator, dans l'Illinois; à Burlington, Cedar Rapids, Clinton, Davenport, Des Moines, Dubuque, Fort Dodge, Fort Madison, Iowa City, Le Mars, Marshall, Mason City, Muscatine, Oskaloosa, Sioux City, Tama City, Washington et Waterloo, dans l'Iowa; à Janesville, Milwaukee et Racine, dans le Wisconsin; à Kansas et à Defiance dans l'Ohio.

Quelques-unes de ces villes sont pourvues de régulateurs étalons secondaires qui sont réglés à la main quand les signaux sont reçus de Chicago, dans d'autres, les horloges sont synchronisées par le courant même venu de Chicago, comme nous l'avons expliqué plus haut.

En addition à ces services, Chicago transmet l'heure sur toute l'étendue des réseaux de certaines lignes de chemins de fer qui aboutissent en cette ville et, dans plusieurs cas, les horloges qui sont corrigées quotidiennement sont situées à près de 2000 kilomètres de Chicago, comme celles de la Nouvelle Orléans, dans la Louisiane et de Denver, dans le Colorado.

Plusieurs autres villes ont une organisation analogue à celle de Chicago; le nombre total des abonnés s'élevant actuellement à près de 20,000 pour toute l'Amérique; de nouvelles applications sont faites tous les jours, bien que le prix de l'abonnement soit très élevé:

Digitized by Google

un moteur mécanique étant obtenu à bien meilleur compte.

Par suite d'une construction spéciale des plaques, les chutes d'oxyde et les courts circuits intérieurs sont moins à redouter ; enfin leur poids, eu égard à leur capacité, n'est plus un empêchement radical à cette application. La démonstration d'ailleurs en a été faite en 1893, par un industriel d'Armentières, M. Pouchain, qui possède un véhicule électrique fig. 1 mû par une dynamo et une batterie d'accumulateurs Dujardin. Ce véhicule peut transporter quatre personnes à la vitesse moyenne de 14 kilomètres à l'heure. Le poids de la voiture en charge est 1380 kilog. et la puissance développée de 1400 à 1500 watts, soit deux chevaux-vapeur.

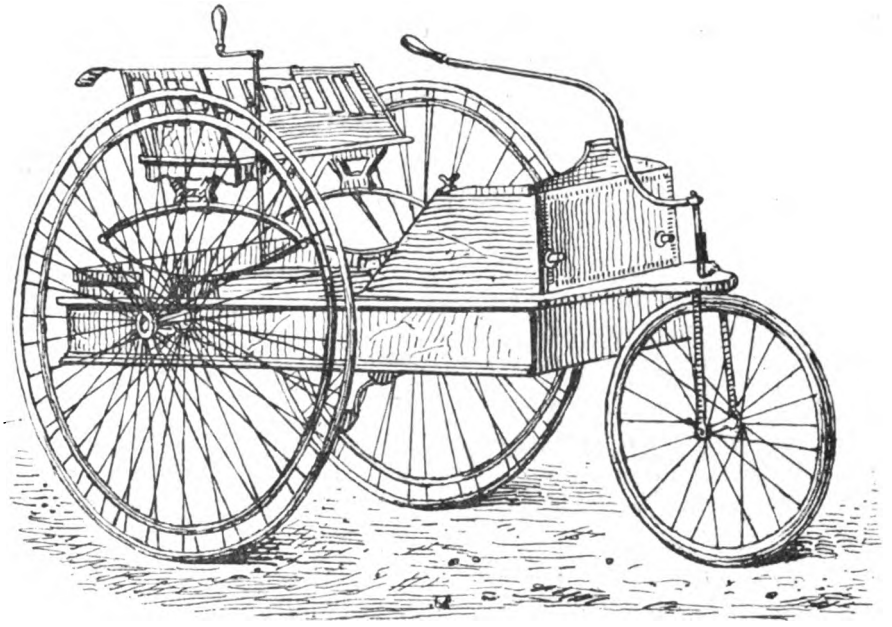


Fig. 1. — Tricycle électrique Pouchain.

Voitures électriques Cummings. — Cette voiture, d'origine américaine, destinée à un service public, est une sorte de fiacre à quatre places pouvant marcher facilement à des vitesses de 18 à 20 kilomètres à l'heure. Le moteur, de la force de deux chevaux, sous une tension de 25 volts, est renfermé dans une caisse placée au-dessous du plancher de la voiture, entre les deux essieux. Un pignon en cuir durci, monté sur l'axe du moteur, actionne un arbre intermédiaire qui, à son tour, transmet le mouvement à l'essieu d'arrière au moyen d'une chaîne. L'essieu d'avant est rigide et supporte deux portions d'arbres articulés, servant de fusée aux roues d'avant. Une tige verticale, munie à sa partie supérieure d'un volant de manœuvre et à la partie inférieure d'un pignon engrenant avec une crémaillère, permet de donner aux fusées l'orientation voulue pour la direction.

Les roues d'arrière sont toutes deux motrices, mais un mouvement différentiel leur assure une marche indépendante l'une de l'autre, lorsqu'on tourne dans des courbes de faible rayon.

Un certain nombre de ces voitures sont, paraît-il, en service à Chicago. Malheureusement le journal le *Cassiers Magazine*, auquel nous empruntons ces détails, ne donne aucun renseignement sur le nombre et le type des accumulateurs employés, pas plus que sur le poids de la voiture et le nombre d'heures de marche qu'elle peut fournir avant de néces-

Digitized by Google

siter le chargement ou le remplacement des éléments.

Voiture Carli. — Cette voiture électrique dont les journaux italiens ont donné dernièrement la description paraît réunir toutes les conditions nécessaires de bon fonctionnement. Son mécanisme est disposé comme suit :

Un coffre suspendu au-dessous de l'essieu des roues motrices, contient 10 accumulateurs Verdier, du poids de 5 kilog. 500 chacun, pour une capacité de 200 watts-heure ou 20 kilogrammètres-heure. Ces accumulateurs sont à plaques horizontales, encaissées dans une cage en bois, et enfermées dans des caisses hermétiques en ébonite. Ils ont un rendement de 65 o/o au débit de 2 ampères par kilog. de plomb, ce qui permet de développer jusqu'à 10 ampères sous la tension de 20 volts, soit 20 kilogrammètres pendant 5 à 6 heures. Pour une batterie emmagasinée de kilowats-heure, la batterie ne pèse que 60 kilog. et l'ensemble du véhicule en ordre de marche 160 kilog.

Le moteur, placé également dans cette caisse, attaque l'essieu porteur au moyen d'engrenages : c'est une dynamo enroulée en dérivation et pouvant servir à recharger les accumulateurs, en lui fournissant un mouvement de rotation suffisamment rapide. Comme moteur l'anneau tourne à raison de 1000 tours par minute ; cette vitesse deut être réduite à 180 dans le même temps par les engrenages, ce qui fait un demi-tour de roues motrices par seconde. On peut ainsi développer la plus grande puissance correspondant à chaque allure, marcher à petite vitesse sur les côtes, à moyenne sur routes en palier et à grande vitesse dans les descentes.

Un rhéostat permet de faire varier de 100 à 3000 tours par minute la vitesse de rotation du moteur, de sorte que l'on a à sa disposition tous les moyens de régler la vitesse du véhicule, suivant la nature de la route.

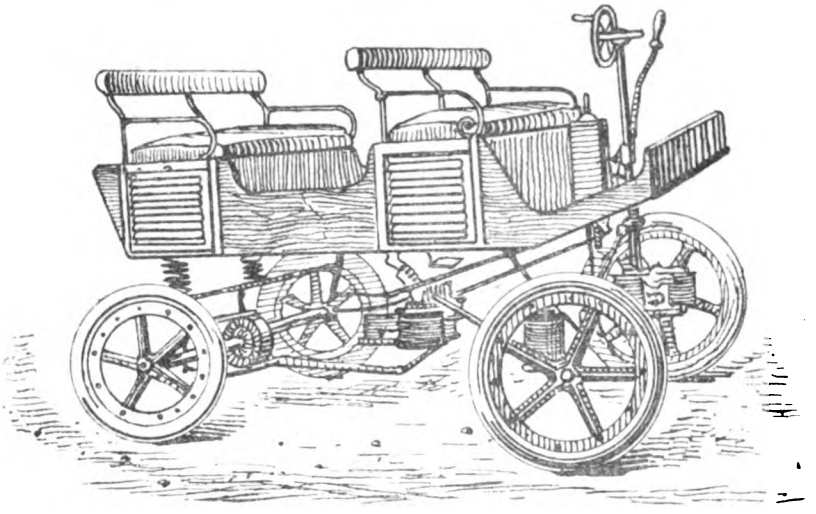


Fig. 2. — Voiture Garrard et Blunfield.

Un système de ressorts à tirants en caoutchouc permet d'assurer le démarrage en toute circonstance. On bande ce ressort à l'aide d'une petite manivelle pendant les temps d'arrêt ou même en marche.

Quand il est besoin d'une forte impulsion on déclenche le système à l'aide d'une pédale à détente ; on produit sur l'axe un effort égal au double de la puissance même du moteur, et capable de faire parcourir au moins 50 mètres à la voiture.

Telle est la construction de cette voiture qui fonctionne sans bruit, pour une dépense minime, démarre sur tous les chemins et marche à une bonne vitesse. On peut critiquer sa

Digitized by Google

forme peu gracieuse, mais électricien n'est pas carrossier ; à un moteur nouveau, il faut une forme nouvelle, et cette question d'aspect sera bien vite résolue par la réunion du talent du carrossier à la science de l'ingénieur-constructeur.

Voiture de Blanche. — M. Blanche, constructeur-électricien à Paris, a établi, il y a quelques années, un modèle de voiture, mue par un dispositif électrique assez ingénieux. L'aspect général se rapprochait de la voiture à vapeur de M. le comte de Dion. Sur un truck en fer cornière, reposaient deux coffres contenant des batteries d'accumulateurs au zinc (genre Reynier). La dynamo, type Siémiens D^5 était disposée au milieu du bâti et sa force transmise, après une démultiplication préalable, à l'essieu de la roue motrice placée à l'arrière. La direction s'effectuait par un essieu brisé commandé par un guidon horizontal.

J'ai eu l'occasion de faire une promenade dans ce véhicule et pu constater le fonctionnement de cet appareillage. Une batterie de 32 accumulateurs pesant 200 kilog. avait une capacité de 5 kilowatts-heure. Le débit variait, suivant le profil de la route, de 8 ampères à 15 et même 20 ampères dans les démarrages et les côtes. Le voltage, tous les éléments étant groupés en tension, atteignait 70 volts ; l'effort maximum sur l'arbre, toutes pertes déduites, pouvait atteindre un peu plus de 80 kilogrammètres. Un voltmètre et un ampéremètre permettaient de connaître à tout moment l'intensité dépensée et la tension du courant.

En résumé, le véhicule de M. Blanche, bien que présentant un réel intérêt, était encore peu pratique, vu le poids énorme des accumulateurs employés et leur médiocre rendement.

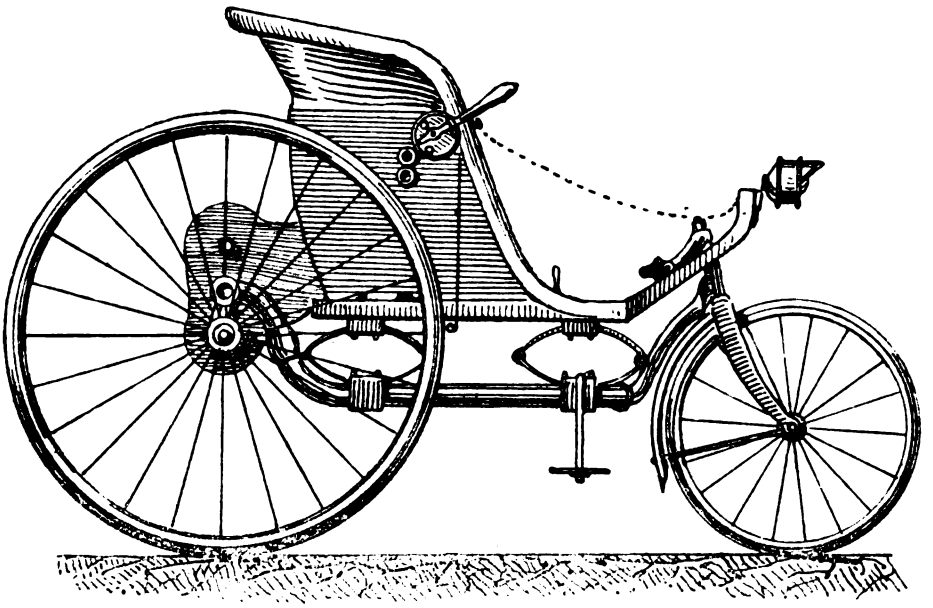


Fig. 3. — Voiture Farigny

Il est vrai que de notables perfectionnements ont été apportés depuis à ces générateurs et au système de transmission ; la vitesse moyenne, qui était faible a pu être augmentée; enfin munie de perfectionnements rendant le système plus pratique, des résultats satisfaisants ont été atteints dans des essais récents.

Voiture Garrard et Blunfield. — Ce système est d'origine anglaise, mais il est également breveté en France. On a cherché, dans la construction de ce véhicule à obtenir la plus grande légèreté possible, cette question du poids du générateur ayant été reconnue

Digitized by Google

d'importance primordiale pour cette application. Aussi toutes les pièces du mécanisme général de la caisse sont-elles fabriquées en tubes d'acier étiré à froid et sans soudures. Les quatre roues sont d'égal diamètre ; les rayons sont montés en tension comme dans les roues de bicyclette, et pourvues de bandages en caouchouc gonflés d'air comprimé et appelés pour ce, *pneumatiques*.

L'essieu des roues d'avant est mobile autour d'un axe vertical passant par son centre, et dont la rotation est obtenue par le moyeu des roues d'engrenages et d'un volant à manivelle (voy. fig. 2.)

Le moteur est placé sous la caisse, sur un arbre indépendant portant un rouleau de friction avec ressort, engagé entre deux disques qui, par l'intermédiaire de roues dentées et de chaînes transmettent le mouvement à l'engrenage différentiel calé sur l'essieu des roues d'arrière. La vitesse de la dynamo motrice est constante, celle de la voiture est réglée par le conducteur, suivant qu'il engage plus ou moins le rouleau entre les deux disques. Une transmission analogue a déjà été employée dans une voiture automobile : c'est le système de Teuting. qui donne une très grande facilité de commande et d'arrêt.

Dans la voiture que nous décrivons, tous les frottements sont à billes, de manière à réduire au minimum les résistances dues au frottement.

Le courant est fourni par une batterie de 24 accumulateurs placés sous les banquettes et dont la capacité est suffisante, à ce que prétendent les constructeurs, pour permettre au véhicule de parcourir 100 à 120 kilomètres avant qu'il soit nécessaire de les recharger ou de les remplacer.

La voiture, en ordre de marche, — sans les voyageurs, bien entendu, — ne pèse que 500 kilogrammes, dont 230 représentent le poids de la batterie secondaire. La vitesse moyenne varie de 12 à 18 kilomètres à l'heure suivant l'état des routes et le nombre des personnes transportées. La dépense ne dépasse pas, paraît-il, trois centimes par kilomètre parcouru, ce qui n'est pas un prix supérieur à celui de l'entretien de la marche, dans les voitures automotrices à pétrole ou à vapeur en usage.

On objectera, il est vrai, qu'il est nécessaire de disposer avec ce genre de véhicule à accumulateurs, d'un courant primaire fourni par une dynamo. Mais le nombre des stations de distribution d'électricité tendant à s'accroître constamment, on peut supposer que bientôt, il ne sera plus indispensable de posséder soi-même une petite usine avec moteur à pétrole et dynamo pour charger la batterie secondaire de sa voiture. On trouvera dans toutes les villes, en France comme à l'étranger, des stations d'éclairage où l'on pourra s'approvisionner de courant et recharger ses accumulateurs pour une dépense minime. L'ère des fiacres électriques alors s'ouvrira, et au lieu d'être obligés de nous introduire encore dans des boîtes grinçantes et disloquées, traînées sur les pavés raboteux par des haridelles poussives et à demi-mortes de fatigue et de faim, nous aurons à notre disposition des véhicules coquets et rapides, mus silencieusement par un moteur électrique invisible. Et cet avenir n'est plus éloigné, pouvons-nous croire, en constatant les efforts constants des chercheurs pour créer ce moyen de locomotion si agréable à tous points de vue.

***

Voiture F. Faringy. — Il a été démontré, ainsi que je l'ai dit dans mon précédent article, que la pile primaire consommant le moins est la Bunsen Les vapeurs nitreuses que ce système dégage pouvant être neutralisées en ajoutant un peu d'urée ou d'acide chromique à l'acide azotique, il était compréhensible que les inventeurs cherchassent à l'utiliser pour les applications exigeant une grande légèreté, ce qui est particulièrement le cas pour la traction.

Le système représenté par la fig. 3 est une voiture à deux places ayant pour générateur

Digitized by Google

2 1/2 dollars, soit 12 fr. 50 par mois et par horloge, ou 150 francs par an.

Ces chiffres suffisent à démontrer l'importance des services rendus par cette organisation unique, croyons-nous, au monde, mais, il faut bien le dire, à peu près totalement inconnue de ce côté de l'Atlantique.

G. PELLISSIER.

MÉTHODE

POUR ANNULER LES EFFETS DE L'INDUCTANCE DANS LES CIRCUITS PARCOURUS PAR DES COURANTS ALTERNATIFS.

Soit un circuit dans lequel existe une inductance L et agit une force électromotrice alternative, de fréquence égale à n. Il est toujours possible, en insérant dans le circuit une capacité électrostatique convenable c, d'éliminer les effets de L : il suffit pour cela que la valeur de c, exprimée en microfarads, soit telle qu'elle satisfasse à la relation

$$4\pi^2 n^2 Lc = 10^6$$

où L est exprimée en henrys et π est le rapport de la circonférence au diamètre.

Comme on le voit, pour calculer c il est nécessaire de connaître L, et c une fois trouvé, il faut, pour en représenter pratiquement la valeur, avoir à sa disposition une série de condensateurs gradués.

Il est facile d'imaginer un procédé permettant de trouver expérimentalement la capacité électrostatique dont les effets détruisent ceux d'une inductance donnée — sans qu'il soit nécessaire de connaître la valeur de cette dernière et en recourant simplement à des condensateurs qui n'ont pas besoin d'être gradués.

On dispose en effet en série, dans le circuit, un rhéostat r dépourvu d'auto-induction (tel que l'on peut admettre que sont les caisses de résistances) et la spirale s, dont on veut annuler proportionnellement à la fréquence de la force électro-motrice alternative expérimentée, les effets dus à son inductance L. Ceci posé, on commence à faire agir dans le circuit une force électro-motrice de valeur constante et l'on fait varier par tâtonnements la valeur de la résistance r jusqu'à ce que les deux différences de potentiel, existant respectivement aux extrémités de r et de s soient égales. On pourra facilement y arriver au moyen d'un électromètre à quadrants employé comme différentiel (1) et on y parviendra lorsque la résistance r sera égale à la résistance (en ohms) r', offerte par la spirale s.

On fait agir ensuite dans le circuit la force électro-motrice alternative. Alors, en raison de la résistance inductive de s, ces deux différences de potentiel ne restent plus égales et l'aiguille de l'électromètre, qui indiquait d'abord

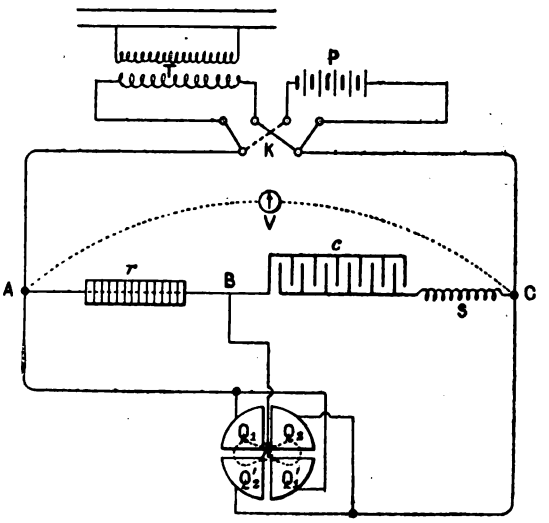


Fig. 1.

zéro, dévie d'un certain angle; mais il sera toujours possible à l'aide d'une capacité électrostatique convenable, d'éliminer les effets de L, de façon à ramener à sa position d'équilibre l'équipage mobile de l'appareil.

La capacité électrostatique qui se trouvera alors insérée dans le circuit sera celle qui, proportionnellement à la fréquence du courant alternatif existant, annule les effets d'inductance de la spirale sur laquelle on expérimente.

(1) Comptes rendus de l'Académie des Lincei. 2e semestre 1894, fascicule 5, p. 152. — *Sur l'emploi de l'électromètre à quadrants comme appareil différentiel.*

Digitized by Google

Comme exemple d'application de la méthode précitée, je donnerai les résultats de quelqnes expériences dans lesquelles la spirale *s* était représentée par le multiplicateur du galvanomètre à aiguilles astatiques de Thomson exécuté par la maison Carpentier de Paris.

La force électro-motrice alternative, de fréquence égale à 42, était engendrée dans la spirale secondaire d'un transformateur Ganz T, dont la spirale primaire était alimentée par le courant alternatif fourni par un alternateur Thury de la Société Piémontaise d'électricité, et la force électro-motrice constante était produite par une batterie P de 100 éléments Leclanché (fig. 1); V représente un voltmètre de Cardew, K un commutateur, *r* une caisse de résistance de la maison Carpentier, *c* un condensateur, *s* la spirale sur laquelle on expérimente (qui est, dans le cas actuel, le multiplicateur du galvanomètre susmentionné); Q_1 Q'_1 et Q_2 Q'_2 sont les deux paires de quadrants d'un électromètre de Mascart et *h* l'aiguille de cet électromètre. L'appareil était employé comme différentiel ; la lecture était faite avec miroir et échelle.

Dans ces conditions, alors que la force électro-motrice constante agissait dans le circuit, l'aiguille de l'électromètre restait dans sa position d'équilibre, ce qui correspondait à une valeur de *r* égale à 17 320 ohms; mais si, la résistance n'étant plus modifiée, on faisait au contraire agir dans le circuit au moyen du commutateur K, la force électro-motrice alternative, l'équipage mobile de l'appareil déviait d'un angle notable et ne revenait pas bien au zéro (1), si ce n'est après que l'on avait introduit dans le circuit une capacité électrostatique de 0,433 microfarad (2).

Dans la suite, je me suis proposé de mesurer avec la méthode de l'électromètre différentiel (1) l'inductance L du même multiplicateur expérimenté tantôt, ou calculer la valeur de la capacité électrostatique *c* qui dans un circuit parcouru par un courant de fréquence égale à 42, élimine les effets de L.

Puisque dans ces expériences, l'aiguille de l'électromètre restait à zéro quand la résistance était égale à 19 230 ohms, de la formule

$$L = \frac{1}{2\pi n}\sqrt{r^2 - r'^2}$$

on déduit, en se rappelant que la résistance en ohms r' du multiplicateur est égale à 17 320 ohms,

$$L = 32 \text{ henrys.}$$

Remplaçant L par sa valeur, dans la formule

$$c = \frac{10^9}{4\pi^2 n^2 L}$$

on tire :

$$c = 0{,}45 \text{ microfarad.}$$

Cette valeur de *c* est très rapprochée de celle qu'on obtient expérimentalement et le serait encore davantage si, comme je l'ai dit plus haut, j'avais eu à ma disposition, pour mes essais, des condensateurs d'une capacité électrostatique capable de ramener exactement au zéro la déviation de l'aiguille de l'électromètre.

RICARDO ARNÓ.

(1) N'ayant pas de condensateurs d'une capacité électrostatique inférieure à 1/10 de microfarad, il ne m'a pas été possible de ramener l'aiguille exactement au zéro.

(2) La capacité électrostatique de 0,433 microfarad a été obtenue en intercalant dans le circuit un groupe de condensateurs de 1/3 et de 1/10 de microfarad en parallèle l'un par rapport à l'autre.

LES VOITURES AUTOMOBILES ÉLECTRIQUES (1)

Avant d'aller plus loin nous nous arrêterons un instant à l'examen de la force nécessaire pour faire marcher une voiture automobile.

On sait que pour les tramways à traction mécanique, et en particulier pour les tramways électriques, on a eu au début beaucoup de déboires parce que les moteurs n'étaient pas assez puissants. Comme un tramway ordi-

(1) V. note précitée.

(2) *L'Eclairage électrique*, du 17 novembre 1894, page 454.

Digitized by Google

naire marche d'habitude convenablement avec deux chevaux, on s'était figuré qu'un moteur de 3 à 4 chevaux suffirait pour remplacer la traction animale, mais on s'était grandement trompé, et aujourd'hui on adopte ordinairement des moteurs d'au moins 12 chevaux. Nous n'avons pas l'intention de nous occuper de la traction des tramways; ce que nous nous proposons, c'est de dire quelques mots de la traction des voitures légères.

Voyons d'abord comment il est possible de parcourir au moyen d'un vélocipède des distances beaucoup plus considérables qu'à pied. Un piéton marchant 6 heures à l'allure de 5 kilomètres à l'heure parcourt une distance de 30 kilomètres : c'est une course moyenne qu'on peut soutenir sans fatigue pendant plusieurs jours. Nous parlons ici, bien entendu, non de marcheurs de profession, mais de personnes ordinaires.

A l'aide d'un vélocipède, on parcourt sans plus de fatigue une distance triple, et cependant dans ces deux cas le moteur, l'homme, reste absolument le même ; l'énergie totale dépensée est même plus considérable pour la marche à pied, bien que la distance parcourue ne soit guère que le tiers.

Lorsque l'homme marche sur une route bien plane, son centre de gravité décrit une courbe périodique, que pour plus de simplicité l'on peut considérer être une sinusoïde. Supposons qu'un homme pesant 75 kilogrammes fait 5 kilomètres à l'heure, avec un pas de 65 centimètres, la différence de son centre de gravité du point le plus bas au point le plus haut étant de 5 centimètres. Pour un kilomètre, il aura fait 1500 pas, et dans une heure 7500 pas, Il aura donc relevé son corps 7500 fois de 5 centimètres, c'est-à-dire à une hauteur de 325 mètres. Son poids étant de 75 kilogrammes la dépense en énergie est d'environ 7 kilogrammètres, ou un 1/10 de cheval-vapeur. En effet, s'il avait dépensé un cheval, il aurait pu élever son corps d'un mètre par seconde, ou de 3600 en une heure.

Par l'intermédiaire du vélocipède, on supprime à peu près complètement cette source de dépense d'énergie, et bien que le poids total soit augmenté de celui de la machine, c'est-à-dire d'une quinzaine de kilogrammes environ, on conçoit qu'avec la même dépense d'énergie on puisse aller beaucoup plus loin.

Avec les moteurs mécaniques le frottement des organes absorbe ordinairement une fraction notable de l'énergie totale. C'est pour diminuer autant que possible ce frottement qu'on a adopté le nouveau mécanisme des billes qui donne un frottement de roulement très doux.

Pour mesurer l'énergie absorbée par le frottement d'une roue, le moyen le plus simple est de la faire tourner à la vitesse de régime et d'observer la diminution de vitesse lorsqu'on supprime la force agissante ; le taux de diminution est justement égal à la force nécessaire à entretenir le mouvement. S'il n'y avait pas de frottement cette force serait nulle, en négligeant, bien entendu, la résistance de l'air.

Un moyen de mesure assez simple consisterait dans l'emploi de la *stroboscopie*, dont nous rappellerons le principe : supposons qu'on fasse tourner une roue et qu'on la regarde à travers des trous faits dans un disque tournant lui-même avec une vitesse égale à celle de la roue; cette dernière paraîtra alors immobile, mais si la vitesse de rotation se ralentit, on verra les rayons passer successivement devant les trous du disque, c'est-à-dire que la roue aura l'air de tourner très lentement en sens inverse de son mouvement réel. Prenons par exemple une roue de 32 rayons et faisant 3 tours par seconde ; si au bout de 10 secondes, 4 rayons ont défilé devant les trous du disque, le mouvement s'est ralenti de 1/8 de tour ; la vitesse, qui était de 3 tours au début, est devenue 2 7/8 au bout de 10 secondes ; le taux de ralentissement qui sert de mesure à la résistance de frottement est par conséquent $\frac{1}{240}$ par seconde.

Digitized by Google

L'installation de cette expérience est assez simple, puisqu'il suffit de faire tourner devant la roue en observation un disque percé de trous et animé d'une vitesse de rotation constante, ce qu'on peut réaliser à l'aide d'un petit moteur électrique.

Connaissant la résistance due au frottement des roues, on pourrait calculer assez facilement l'énergie nécessaire pour faire marcher le vélocipède, bi- ou tricycle, à une allure donnée, mais ce calcul donnerait toujours des valeurs trop faibles, puisque les organes de transmission absorbent toujours une partie notable de l'énergie, de même que la résistance de l'air.

On pourrait à la rigueur appliquer au véhicule entier une méthode stroboscopique analogue, mais comme le point d'application se déplace, il faudrait faire subir quelques modifications à la méthode ; aussi, n'insisterons-nous pas, bien qu'on eût ainsi la mesure la plus simple et la plus correcte de l'énergie totale qu'absorbe réellement le véhicule.

Nous nous arrêterons ici pour ce qui concerne le vélocipède, la bicyclette ou le tricycle électrique n'existant pas dans le commerce. Conclure de là qu'on ne trouvera jamais ces engins de locomotion serait s'avancer trop loin, d'autant plus que les bicyclettes à moteur à gazoline, — conception assez difficile à réaliser à première vue—paraissent actuellement circuler à la satisfaction de tous dans les rues de Munich. Le dernier numéro de l'*Industrie Vélocipédique* contient une description complète de ces appareils, dont le brevet français a été acheté un million et demi par un banquier, et qui donnent réellement des résultats fort satisfaisants.

Depuis que MM. Cailletet et Colardeau ont communiqué à la Société de physique leurs travaux sur les accumulateurs à mousse de palladium sous pression, accumulateurs qui peuvent emmagasiner jusqu'à 150 ampères-heure par kilogramme de matière active et débiter jusqu'à 100 ampères par kilogramme, il ne serait pas impossible, question de prix à part, de combiner une bicyclette emportant avec 20 kilogrammes d'accumulateurs, 3 kilowatts heure, quantité d'énergie suffisante pour entretenir le mouvement des moteurs pendant 4 à 5 heures.

Donc, ne préjugeons pas de l'avenir et restons dans le domaine de la réalité.

Pour ce qui concerne le tricycle, la question de la traction électrique réside surtout dans le poids des générateurs, car les accumulateurs sont en général fort lourds pour la capacité d'énergie qu'ils renferment. Si les piles primaires n'avaient pas contre elles le prix élevé auquel atteint leur entretien et l'ennui de leur chargement, nul doute qu'elles seraient préférables, car de nombreuses expériences ont prouvé que leur consommation de matières actives (eau non comprise) n'était pas supérieure au poids de charbon brûlé pour une force égale par les petites machines à vapeur.

Telles sont les conditions auxquelles se trouve astreinte la locomotion routière électrique. Revenons maintenant à l'examen des véhicules construits et actuellement en service en France et à l'étranger.

***

Voiture électrique Pouchain avec accumulateurs Dujardin. — La grande difficulté qui rend le problème des voitures électriques difficile à résoudre, consiste, je le répète, dans le poids de la batterie génératrice du courant, sans compter qu'avec les accumulateurs à matière active juxtaposée, on a toujours à craindre les chutes d'oxydes, par l'effet des secousses du transport, et, par suite, les courts circuits intérieurs. C'est cet inconvénient du poids qui avait amené à préconiser l'emploi des piles primaires pour cette application, car le poids s'abaisse à 20 kilogr. par cheval-heure (270.000 kilogrammètres fournis). Mais le prix de cette force est malheureusement très élevé, de 1 fr. 80 à 5 fr. 50 suivant le genre de piles employées. Avec les accumulateurs, on n'a pas cet impedimentum à redouter, le courant produit par une dynamo actionnée par

Digitized by Google

une batterie de piles Bunsen, modifiées comme il vient d'être dit, et qui actionne un moteur dynamo à courant continu, type de Rechniewski n° 1. Cette batterie se compose de 36 éléments rectangulaires et assez plats, pesant 3 kilog. 500 chacun. Au débit moyen de 8 ampères, la tension se maintient à 1,8 volt par élément pendant 6 heures. La décharge résiduelle inutilisable étant de 10 ampères, la capacité totale d'une pile ainsi améliorée est donc de 60 ampères-heure, soit environ 1 hectowatt-heure. Les 36 éléments pesant 120 kilog., ont donc une capacité de près de 4 kilowatts-heure qui peut être dépensée au taux de 736 watts pendant un peu plus de cinq heures.

La pile primaire présente sur les accumulateurs l'immense avantage de pouvoir être rechargée en cours de route sans exiger la présence d'aucune station électrique de charge. L'eau se trouve partout, et on peut facilement emporter une petite source d'acide azotique pour remplacer celui des vases poreux épuisé. Avec une provision d'acides de 50 kilos, les piles étant également chargées on pourrait marcher 15 heures sans arrêt.

Il est démontré qu'il faut 1 kilog. pour mouvoir sur bonne route sèche en palier un poids de 10 kilog. La voiture dont nous nous occupons se trouve donc dans les meilleures conditions pour atteindre une très grande vitesse car elle ne pèse en charge, avec ses deux voyageurs, que 400 kilog. Comme dans le système précédent, de Garrard et Blumfield, on s'est reporté pour sa construction à la méthode usitée pour les vélocipèdes. Tous les roulements sont à billes ; le bâti est en tubes d'acier sans soudures, réunis par des pièces d'assemblage en acier estampé, enfin les roues d'avant sont mobiles à l'aide d'un guidon à pédales placé sous les pieds du conducteur. La caisse contenant les piles, qui se remplissent et se vident toutes ensemble au moyen d'un siphon à branches multiples et dont la partie supérieure constitue le siége, se trouve suspendue sur des ressorts à pincettes, enfin les constructeurs ont cherché à réunir le confort aux meilleurs conditions de fonctionnement possibles.

La commande du moteur s'effectue par vis sans fin, roues dentées et chaînes Galle. Un embrayage permet de disposer de deux vitesses différentes, pour les côtes et pour les routes en palier ; ce dispositif est complété par un *groupeur* qui met en circuit 12, 24 ou 36 éléments associés en tension ou en surface. Un ampèremètre indique le débit de la batterie et une petite résistance assure le démarrage en toutes circonstances sans exiger de la pile un courant d'une intensité anormale.

Enfin l'aménagement du véhicule est terminé par l'adjonction d'une trompette d'avertissement, à trembleur, modèle Zigang, et par une petite lampe à réflecteur empruntant son courant au circuit général de la batterie.

Il serait bon de voir en présence une voiture de ce système et une voiture à accumulateurs quelconques pour se rendre un compte exact de leur valeur réciproque et de leurs avantages et inconvénients respectifs. La pile primaire a contre elle l'ennui de la manipulation d'acides corrosifs, le changement des zincs usés, et par-dessus tout le prix élevé de revient du courant, qui n'est pas moindre de 2 fr. 50 par kilowatt-heure. Mais le système à accumulateurs présente aussi plus d'un aléa, car ce n'est qu'un magasin d'électricité roulant, et la provision d'énergie une fois épuisée, il est de toute nécessité de recourir à une usine de production pour la reconstituer, et c'est un grave embarras car les stations ne se trouvent pas ordinairement au milieu des routes, et il faut se résoudre chaque fois à un arrêt de 5 ou 6 heures pour opérer la charge régulière de la batterie mobile. Enfin, les voitures à accumulateurs coûtent beaucoup plus cher et sont beaucoup plus lourdes que celles à piles, car ces dernières peuvent produire le kilowatt-heure utile sous un poids moyen de 30 kilog. tandis qu'il faut compter au moins sur 50 kilog. avec les batteries secondaires.

Le problème n'est donc encore qu'ébauché,

Digitized by Google

et sa solution pratique encore à réaliser, mais une occasion va se présenter pour laquelle il est probable que nous verrons en présence plusieurs des systèmes qui viennent d'être signalés.

Cette occasion est la course de voitures automobiles qui vient d'être décidée pour le 8 juin 1895. Près de 50,000 fr. de prix sont déjà attribués pour cette épreuve, qui laissera loin derrière elle la tentative faite au mois de juillet dernier par le *Petit Journal*.

La Commission de la course a été composée comme suit :

Présidents d'honneur : MM. Marcel Deprez, Michel Lévy et Georges Berger.

La Commission exécutive sera composée de MM. baron Van Zuylen de Nyevelt; comte de Dion; Peugeot; comte de la Valette, ingénieur des mines, chef du Laboratoire de M. Marcel Deprez; Max de Nansouty, ancien directeur du *Génie Civil*, chroniqueur scientifique du *Temps*; Levassor; P. Giffard; capitaine marquis de Place; Henri Menier; marquis de Chasseloup-Laubat, ingénieur des arts et manufactures; Serpollet, un des pères de la voiture automobile, et Yves Guédon, ingénieur civil.

Le départ de Paris s'effectuera le samedi 8 juin, veille du Grand-Prix ; quant au retour, il serait au moins prématuré d'en fixer la date exacte.

L'itinéraire adopté par le comité pour cette course de vitesse, où le premier arrivé remportera le prix, a été celui de Paris-Bordeaux et retour.

C'est donc exactement 1,196 kilomètres que les voitures auront à franchir d'une seule traite, sauf arrêt à Bordeaux; tant pis pour les accidents de route : ruptures d'organes, erreurs de parcours, etc... Il est évident que les voitures qui feront par exemple ce chemin en course continue, à raison de 20 à 25 kilomètres à l'heure, auront fait preuve de qualité d'endurance qui rassureront les gens timorés, restés sur l'impression des accidents et détresses qui ont marqué le début de cette industrie.

Il s'agit d'une invention bien française, appelée à se développer en France et à s'étendre hors de ses frontières. L'émulation que l'annonce de cette course a provoquée est d'un bon augure et nous aurons peut-être des surprises venant de constructeurs, d'inventeurs ignorés jusqu'à ce jour.

Une exposition de cinq jours, du 1er au 5 juin, se tiendra au Tuileries, à l'Orangerie. Ne seront admises à prendre part à la course que les voitures qui auront été exposées. Pendant cinq jours on verra évoluer tous les systèmes : pétrole, vapeur, etc., etc.

Il est à penser qu'on verra également figurer à cette exposition quelques modèles de véhicules électriques : tricycles et voitures. Les renseignements qui me sont parvenus à ce sujet dans le monde des électriciens sont formels : la fée Electricité sera prête à l'époque fixée et demontrera, je l'espère, sa victorieuse supériorité sur ses adversaires : la vapeur et la gazoline.

Reconnaissons que le comité a songé à cette éventualité de la mise au concours de véhicules électriques actionnés par accumulateurs.

L'article 12 du programme élaboré par M. de Dion, est ainsi conçu : « Dans le cas où les voitures devraient prendre leur force motrice par des accumulateurs d'énergie disposés sur le parcours, ces accumulateurs ne pourront être changés que tous les cent kilomètres. »

L'imposition de marcher cent kilomètres sans changer d'accumulateurs n'a pas été maintenue, les voitures électriques pourront changer leurs accumulateurs à leur convenance, de même que les voitures à vapeur et à pétrole renouvelleront leurs approvisionnements quand leurs conducteurs le jugeront à propos.

Divers itinéraires pourront être suivis par les *électrocycles*, si l'on peut emplover ce mot nouveau pour désigner cette chose nouvelle. S'il s'agit de voitures à accumulateurs, les

Digitized by Google

concurrents trouveront à récupérer leur électricité épuisée aux diverses stations de distribution d'éclairage disséminées sur leur route, soit en partant vers le sud-ouest, soit en se dirigeant au contraire vers le centre de la France. Dans le premier cas, ils pourront se réapprovisionner à Voves ou Cloyes, Saint-Aignan (Loir-et-Cher), Saint-Savin-sur-Gartempe (Vienne), Angoulême et Libourne ; dans l'autre cas, la route est plus longue mais offre plus de ressources, car à Corbeil, Orléans, Bourges, Saint-Amand, Guéret, Bourganeuf, Limoges et Périgueux, les électriciens trouveront des usines pouvant leur fournir des courants continus pour recharger leurs batteries.

Il est donc à penser que la traction électrique sera substituée dans un certain avenir à la traction par chevaux, puisque les appareils de production de la force vont se perfectionnant et s'alliégeant sans cesse. On en arrivera à doter les cycles de moteurs qui n'astreindront plus leurs cavaliers à la fonction pénible d'un rémouleur surchargé de besogne. L'avenir est au véhicule mécanique, et en notre siècle d'électricité, où l'on est de plus en plus pressé, il doit inéluctablement succéder à la bicyclette, quels que soient les agréments de cette reine du jour. Plus vite ! Plus vite !... Telle est la devise de notre époque, et c'est pourquoi je crois au succès définitif de ce moyen de locomotion si éminemment agréable : la voiture électrique !

J. Reyval.

LA STATION CENTRALE D'ÉLECTRICITÉ DE FRANCFORT

L'usine municipale d'Électricité de Francfort est actuellement terminée. Depuis quelques semaines déjà elle a fourni du courant électrique à titre d'expérience et bientôt on l'inaugurera.

L'érection de cette usine a donné lieu à de nombreux et passionnés débats, non seulement pour ce qui concerne le genre d'exploitation mais surtout quant au système à adopter : distribution à courant continu ou distribution à courant alternatif. Bien que les avis presqu'unanimes fussent d'adopter pour la ville de Francfort la distribution par courants alternatifs, les partisans du courant continu ne perdaient pas courage et ils sont réellement arrivés à arrêter les constructions pendant un certain temps. Finalement la distribution par conrants alternatifs étant adoptée on en a confié le construction des machines à la maison Brown, Boueri et Cie de Baden et comme cela arrive quelquefois, l'établissement de l'usine a pris un temps infiniment moins long que les débats préliminaires. Cette rapidité de construction est surtout à attribuer au concours de M. Lindley, magistrat de la ville de Francfort, M. Oscar van Miller, l'électricien bien connu, M. Charles Brown, le constructeur des machines et M. Melms, directeur de l'usine.

On a commencé les travaux au mois d'avril, les bâtiments étaient pris au mois d'octobre et en novembre on a pu lancer les premières machines.

L'usine est située près le port de Main et le pont du chemin de fer, ce qui est avantageux pour le transport du charbon ; l'emplacement comprend 2 850 mètres carrés. La chambre des machines a 38 mètres de long, 23 de large et 10 de haut. A côté de ce local s'en trouve un autre beaucoup plus petit destiné à recevoir les pompes et accumulateurs hydrauliques qui doivent actionner les grues et cabestans des quais du Mein. Tout le long de la chaufferie se trouvent les magasins à charbons, puis les réfectoires, les salles de bain et les lavabos des ouvriers.

L'énergie est fournie par trois machines à vapeur tandem, pouvant fournir chacune, à 85 tours par minute, 750 chevaux effectifs. Les pistons des deux cylindres actionnent le volant du poids de 24 000 kilog. qui sert en même temps d'inducteur aux dynamos. Les machines sont pourvues de régulateurs à centrifuge et d'un système de graissage automa-

Digitized by Google

tique ; elles peuvent être employées avec ou sans condensation.

Les 8 chaudières ont une surface de chauffe de 86 mètres carrés pourvue d'un appareil Kubon pour la destruction de la fumée. Le premier est de 9 atmosphères ; la cheminée a une hauteur de 50 mètres. Toute la tuyauterie à vapeur est disposée dans une espèce de cave sous les machines ; l'accès en est facile. Entre les deux bâtiments de la chaufferie on a disposé les pompes alimentaires ; elles se composent de deux pompes à vapeur doubles dont chacune peut suffire à alimenter toutes les chaudières ; la tuyauterie est arrangée de telle sorte que l'on puisse pomper l'eau d'un réservoir quelconque dans une chaudière quelconque.

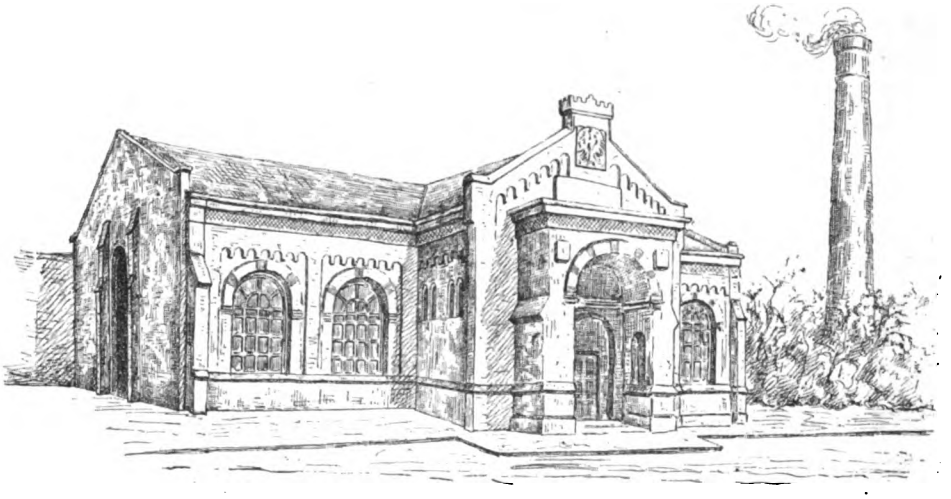


Fig. 1. — Station centrale de Francfort

Un pont roulant pouvant porter 15 tonnes et comprenant toute la largeur de la salle de machines (23 mètres) facilite la pose des appareils. On peut actionner ce pont soit à la main soit à l'aide d'une dynamo de 15 chevaux de la maison Brown, Boveri et Cie.

Les machines à courants alternatifs sont couplées directement aux machines à vapeur, ce qui évite toute espèce de transmission. Le volant de la machine à vapeur sert de support aux bobines inductrices qui sont attachées radicalement, au nombre de 64, à la périphérie. Autour de ce volant se trouve l'armature fixe, portant également 64 bobines. L'excitateur à courants continus se compose d'une dynamo en série, à 6 pôles, à armature à tambour ; le courant entre dans les bobines inductrices du volant à l'aide de deux anneaux conducteurs sur lesquels s'appuient les balais.

Les machines fournissent le courant à la tension de 3 000 volts ; des câbles bien isolés et reposant sur des isoloirs en porcelaine le conduisent au tableau de distribution situé au premier étage. Ce tableau, contrairement à ce qui arrive pour la distribution à courants continus est d'une très grande simplicité ; il comprend pour chaque machine un ampèremètre, un coupe-circuit, puis un phasemètre pour le couplage et parallèle des machines, un ampèremètre et un voltmètre pour l'usine et enfin un voltmètre statique pour mesurer la tension du réseau et des machines. Un deuxième tableau de distribution, relié au premier, est destiné à répartir le courant entre les différentes sous-stations en ville : ce tableau est destiné de telle façon qu'on peut, à l'aide des différents feeders, faire varier le courant dans les canalisations, sans jamais l'interrompre. Les appareils de mesure ont été fournis par la maison Hartmannn et Braun.

Le plan ci-joint montre la distributien de la canalisation en ville. Il y a 6 feeders qui conduisent le courant en six endroits déterminés

Digitized by Google

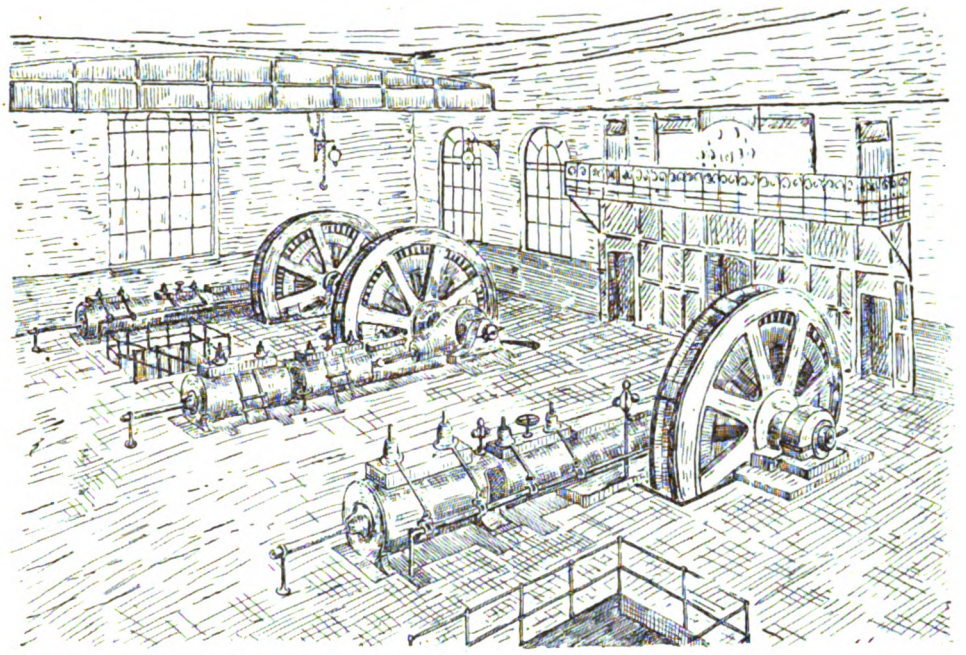


Fig. 2. — Salle des machines.

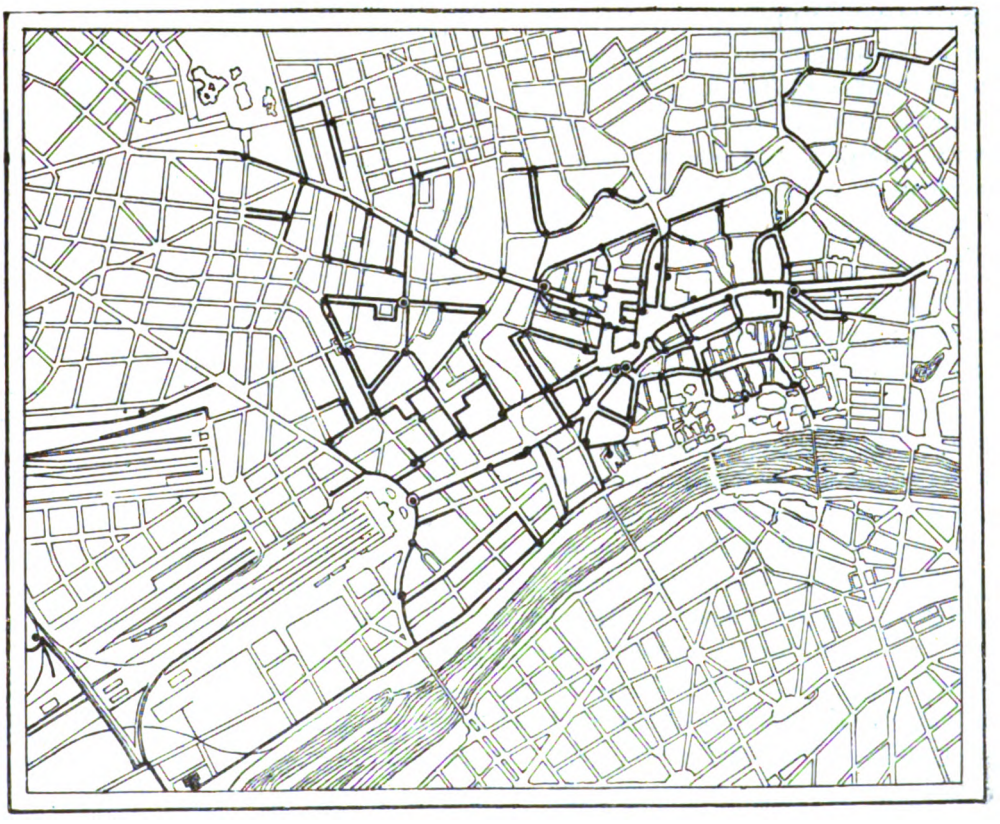


Fig. 3. — Plan des canalisations électriques.

Digitized by Google

de la ville, sur le plan ils sont indiqués par des points entourés d'un cercle. Le point de jonction place de l'Opéra est facilement accessible, même pour les visiteurs; et cela, comme on l'a fait d'ailleurs pour la canalisation d'eau afin de permettre aux étrangers de prendre connaissance du système de distribution. A partir de ces 6 points où arrivent les feeders le réseau de haute tension s'étend par toute la ville, comme cela est indiqué sur le plan ot dessert 92 stations de transformateurs indiqués sur notre plan par des points; ces transformateurs placés dans de l'huile sont disposés dans des boîtes placées sous la chaussé et fermées par des regards en fer; ils abaissent la tension de 3000 à 120 volts avec un rendement de 96 o/o à pleine charge et 94 o/o à faible charge. Ils sont de trois grandeurs différentes.

Le réseau secondaire destiné à conduire dans les habitations le courant nécessaire à l'éclairage et à la production de la force motrice est fait en câbles concentriques, comme les feeders ; ces câbles proviennent de la maison Fellen et Guillaume; les moteurs sont de la maison Schuckers et C°. Les câbles qui entrent dans la maison arrivent après avoir traversé un plomb de sûreté, et le compteur a un petit tableau de distribution; pour pouvoir allumer à volonté les différentes lampes dont on a besoin.

Le diamètre des câbles varie de 25 à 240 millimètres carrés ; la longueur du réseau est de 34 et 23 kilomètres. La pose de ces câbles a duré du mois de juillet au mois d'octobre.

La station peut suffire à alimenter 35 000 lampes à incandescence et leur équivalent. Dès à présent on a relié 10 000 lampes à incandescence, 50 lampes et 3 moteurs, nombre qui sera porté à dix dans quelques semaines. On a déjà retenu 29 moteurs absorbant 150 chevaux se répartissant entre les industries suivantes : Imprimerie, boulangerie, fabrique de glace, menuiserie, fabriques d'accumulateurs, fonderie de cuivre, forge, droguerie.

L'estimation des dépenses de la part de la ville était de 2 500 000 francs; la maison Brown, Bovari et Cie s'est chargée de toute l'installation pour la somme de 2 387 000 fr., de sorte que la ville n'aura pas dépassé ses prévisions, même s'il y a encore quelques dépenses supplémentaires.

EXTRAITS
DE LA PRESSE INDUSTRIELLE
COMMUNICATIONS

Arcs alternatifs et arcs continus.

Le professeur Fleeming publie dans *Lightning* un article intéressant, donnant les résultats de nombreuses expériences qu'il a faites sur l'utilisation de l'énergie dans les arcs à courant continu et à courants alternatifs.

Dans le courant continu, le charbon positif est à mèche, le négatif est plein, tandis que pour le courant alternatif les deux charbons sont percés.

Pour éliminer les différences de coloration entre la lampe-étalon à incandescence et l'arc, on s'est servi d'un écran rouge et d'un autre vert permettant d'isoler les parties définies du spectre.

Avec l'arc alternatif, les mesures sont difficiles parce que l'intensité lumineuse semble parcourir un cycle de trois à quatre secondes, l'arc semblant tourner autour d'un axe vertical.

Les lampes ont été alimentées avec des courants d'intensité variable et on n'a tenu compte que de la dépense d'énergie dans l'arc même, sans s'occuper de la dépense dans le mécanisme régulateur.

M. Fleeming donne des courbes de l'intensité moyenne sphérique pour les différentes puissances. La courbe pour les rayons rouges est à peu près une droite; tandis que celle pour les rayons verts présente une courbure convexe vers les abscisses. D'après les résultats obtenus, à égalité de puissance, l'intensité moyenne sphérique donnée par l'arc alternatif est moindre que celle fournie par l'arc continu dans le rapport de 2 à 3. C'est ainsi, par exemple, que pour 540 watts en courant con-

Digitized by Google

tinu, l'intensité moyenne sphérique des rayons rouges était de 342, celle des rayons verts de 686 unités, tandis que le courant alternatif ne donnait avec la même puissance que les valeurs 217 et 407 de l'intensité lumineuse.

Pour le courant continu le maximum de lumière se produit sous un angle de 40° au-dessous de l'horizon; avec l'arc alternatif de 540 watts, l'intensité maxima est de 575 bougies seulement et a lieu à 48° au-dessous de l'horizon. Si l'on tient compte de la lumière directement disponible pour l'éclairage du parquet d'un local, les rendements des deux arcs sont entre eux dans le rapport de 3 à 1 en faveur du courant continu. Il est vrai qu'une partie de la lumière non utilisée de l'arc alternatif peut être renvoyée vers le bas à l'aide d'un réflecteur, ce qui ne permet toutefois pas de diminuer le premier rapport indiqué. Le réflecteur à employer doit être de petites dimensions et placé le plus près possible de l'arc.

Pour les arcs continus il n'est pas absolument nécessaire d'employer un charbon positif à mèche; mais pour l'arc alternatif les deux charbons doivent être à mèche. L'arc alternatif n'est jamais complètement silencieux, mais le bruit peut être réglé dans une certaine mesure par le choix de la fréquence du courant et de la qualité des charbons. Le décalage entre le courant et le voltage constitue encore un inconvénient de l'arc alternatif, puisqu'il est nécessaire d'employer une plus grande intensité et par suite de consentir à une certaine perte supplémentaire dans le circuit. Un courant redressé serait peut-être mieux approprié au fonctionnement des lampes à arc.

L'arc alternatif présente dans certaines conditions une résistance inductive, surtout l'arc sifflant, et on doit par conséquent employer le watt-mètre pour conserver la puissance. L'intensité lumineuse maxima de l'arc continu ne se produit pas toujours dans la même direction pour des puissances différentes.

Ces expériences montrent en résumé que pour l'utilisation à l'éclairage par d'une arc, puissance électrique donnée il est plus économique d'employer le courant continu.

Manchon protecteur pour charbons de lampe à arc de Hardtmuth (1)

Le remplacement des crayons forme une partie importante des frais de l'éclairage par lampes à arc. L'appareil que nous allons décrire a pour but de diminuer l'usure des crayons en protégeant l'électrode supérieure par un manchon. Le crayon supérieur ne s'use pas seulement à cause de la formation du cratère, mais il y a aussi combustion latérale due au courant d'air chaud qui s'élève le long des charbons. S'il est possible d'éviter cette circulation d'air, l'usure absolument inutile pour la production de lumière sera supprimée.

L'appareil qui permet d'atteindre ce but est représenté par la figure 1. Il est formé d'un

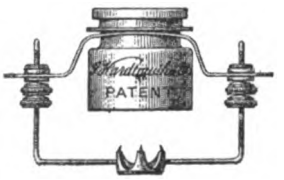


Fig. 1.

manchon supporté par un étrier fixé à un cadre. Dans sa partie inférieure horizontale, ce dernier est muni d'un anneau reposant par trois pointes de platine sur l'extrémité conique du charbon négatif, et descend avec celle-ci au fur et à mesure de l'usure. Les branches verticales du cadre sont filetées et munies d'écrous qui tiennent et isolent l'étrier.

Le manchon lui-même est en métal garni intérieurement d'une matière isolante qui guide le crayon supérieur. La partie inférieure du manchon est en outre protégée par une matière réfractaire.

A l'aide des écrous, on règle la position du manchon de façon que la pointe du charbon inférieur soit dans le plan du bord inférieur du manchon.

(1) *Electrotechnische Zeitschrift*, 15 novembre 1894.

Digitized by Google

Cet appareil a été essayé au Laboratoire d'électricité de Vienne. On a trouvé que la lumière émise est à très peu de chose près la même qu'avec l'arc libre ; par contre l'usine est notablement amoindrie. On constate :

Usure en millimètres	Charbon supérieur	Charbon inférieur
Sans manchon protecteur ...	14,1	15,5
Avec manchon protecteur...	4,9	10,0

Il faut ajouter que le manchon lui-même est soumis à une certaine usure. Mais on n'a à le remplacer qu'après 500 à 800 heures d'allumage.

La station centrale de Calais

Il y a quelque temps, M. Brillouin avait soumis à la municipalité de Calais un projet pour l'établissement d'une station centrale d'éclairage électrique dans cette ville. Comme à Cambrai et à Boulogne, la municipalité de Calais demanda à la Compagnie du gaz de se charger d'établir l'éclairage électrique. Non seulement la proposition fut acceptée, mais la Compagnie du gaz adopta aussi le projet de M. Brillouin, qu'elle chargea de l'exécution.

L'usine a été construite sur un terrain appartenant à la Compagnie du gaz et situé à quelque distance du centre de consommation. En conséquence, on eut recours au système à courants alternatifs de haute tension avec transformateurs.

Les câbles sont supportés par des poteaux plantés dans les rues et sur les trottoirs, et

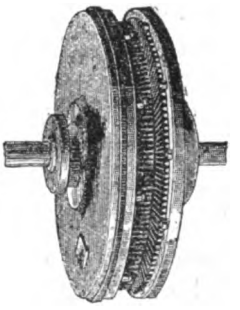


Fig. 2.

trois stations de transformateurs ont été établies dans des kiosques.

L'usine, qui a été mise en marche en juin dernier, contient deux moteurs à gaz Niel de

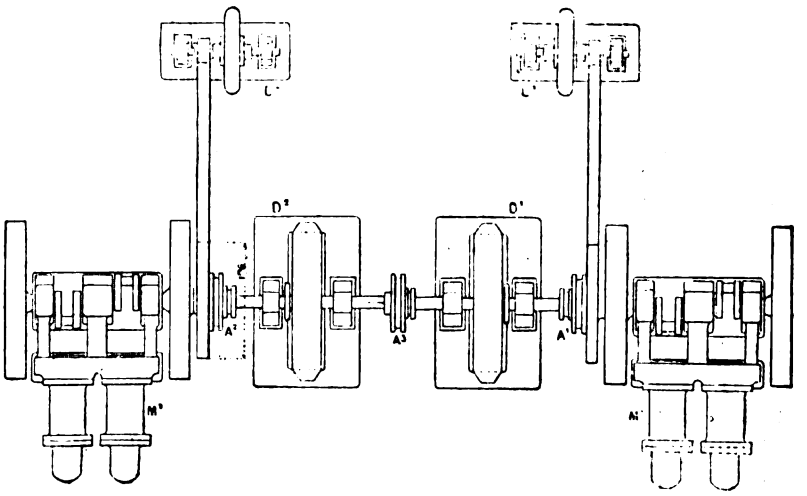


Fig. 1.

80 chevaux chacun ; ces moteurs sont du type à deux cylindres, avec manivelles calées en opposition, et tournant à 160 tours par minute. Elle comporte encore deux alternateurs Brown, Boveri & C°, pouvant fournir 50 ampères à la tension de 1000 volts. Les excitatrices donnent de 20 à 35 ampères sous 80 à 115 volts à la vitesse angulaire de 1560 tours par minute.

Ces excitatrices (E^1 et E^2 sur le plan fig. 1), sont actionnées par courroies. Les alterna-

Digitized by Google

teurs sont, au contraire, actionnés directement. Ils sont couplés avec les moteurs à gaz par l'intermédiaire du système d'accouplement élastique Snyer. On voit deux accouplements Snyer en A^1 et A^2 (fig. 1), un troisième A^3 pouvant être employé pour coupler les alternateurs entre eux.

L'accouplement Snyer représenté par la figure 2 se compose de deux disques dont l un porte en saillie des dents d'acier disposées suivant les rayons et entre lesquelles

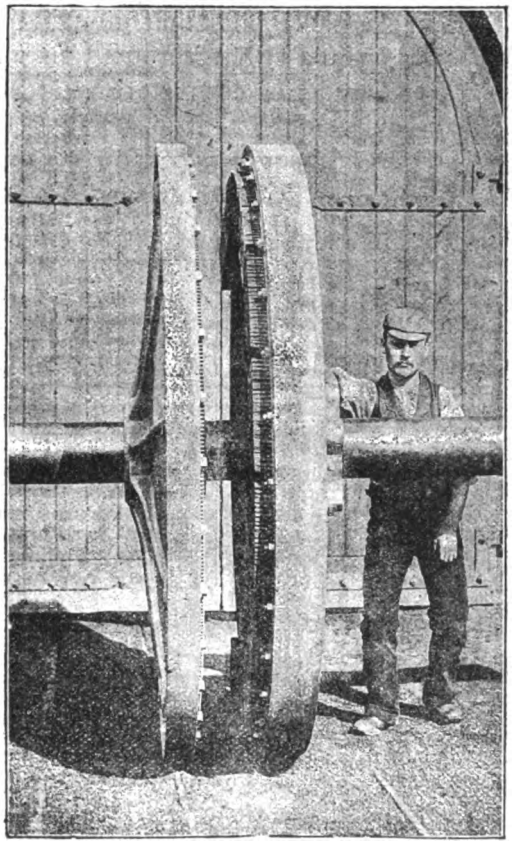


Fig. 1.— Accouplement Snyer.

viennent s'insérer les balais en fil d'acier que porte le second disque. Quand on veut coupler une dynamo au repos sur un moteur en marche, on rapproche peu à peu l'un de l'autre les deux disques jusqu'à ce que la dynamo tourne avec la même vitesse que le moteur. Ce point est atteint lorsque le bruit causé par le frottement des balais sur les dents cesse.

L'accouplement élastique Snyer, construit par MM. Cowlishaw, Walker et C^ie^, à Etruria, peut transmettre de grandes puissances. Nous reproduisons, par exemple, dans la figure 3, d'après *Engineering*, celui installé dans une fabrique de papier pour transmettre 500 chevaux entre deux arbres de 20 centimètres de diamètre tournant à 114 tours par minute.

Les chaufferies au pétrole de l'Exposition de Chicago (1)

On sait qu'à l'Exposition de Chicago on a exclusivement employé le pétrole pour chauffer les 52 chaudières chargées de fournir la vapeur aux machines réunies à cette occasion sur le bord du lac Michigan, et qui ne demandaient pas beaucoup moins de 20 000 chevaux.

Les Américains, grands consommateurs et encore plus grands producteurs de pétrole, toujours préoccupés de perfectionner leur outillage et de se créer des débouchés, ont voulu montrer au monde technique, dont la curiosité était depuis quelque temps éveillée sur les mérites respectifs comme combustibles de la houille et de l'huile minérale, ce que valait cette dernière.

De là est née une installation superbe, qui laisse bien loin derrière elle tout ce qui avait été fait jusqu'alors dans ce genre, et qui mérite à tous égards une description détaillée.

Le pétrole était amené à l'Exposition par une conduite de 152 mm. de diamètre intérieur, qui reliait les réservoirs de la Société de l'Exposition à la station de pompes de la Standard Oil C^o^, à Witnig, Ind., situé à 43 km. de là. Une pareille distance n'a rien de surprenant, surtout dans un pays où les districts pétrolifères, comme ceux de l'Ohio et de la Pensylvanie, envoient, par des canalisations d'une immense étendue, l'huile minérale jusque dans les états de l'Est. La dépense occasionnée par l'établissement d'une pareille conduite est vite compensée par l'économie

(1) *Revue industrielle* du 27 octobre 1894.

Digitized by Google

des frais de transport, et c'est là un des avantages qu'on a fort légitimement invoqués en faveur du pétrole sur la houille.

Dans cette conduite d'amenée, la pression varie entre 27,2 et 40.8 atmosphères suivant le poids spécifique du liquide, qui change lui-même avec la température. Ces oscillations de la pression ont naturellement leur contre-coup sur la vitesse d'écoulement du pétrole; tandis que, dans de bonnes conditions de température il suffit à la conduite de

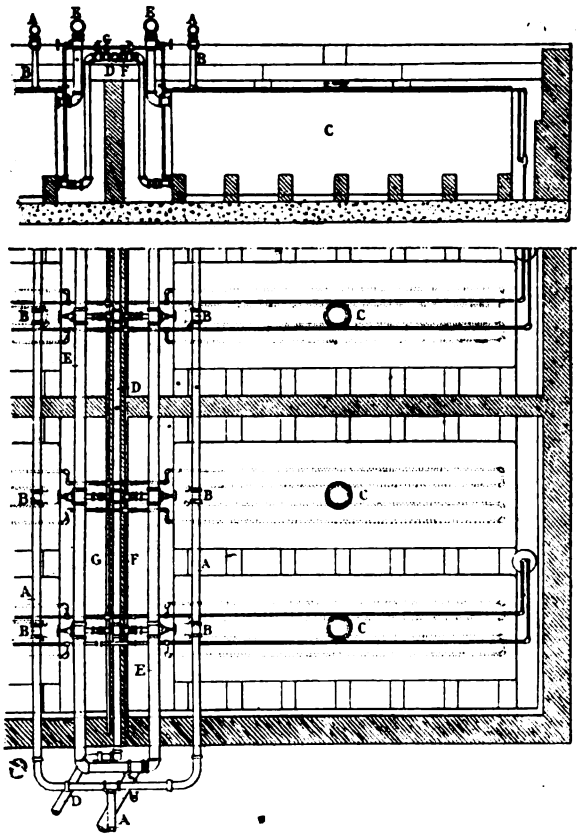


Fig. 1 et 2. — Chauffage au pétrole des chaudières de l'Exposition de Chicago.

30 à 40 minutes, pour en débiter 10 000 gallons, soit 37 820 litres, il lui faut une heure et demie, quand le pétrole est froid. C'est que ce dernier qui est clair et limpide à 40 degrés centigrades, est si épais à 4 degrés qu'il peut à peineêtre pompé.

En arrivant près des réservoirs, la conduite A (fig. 1 et 2) se bifurque pour desservir deux rangées de réservoirs C. Chacune de ses branches est reliée par six raccords B à autant de récipients, constitués par des cylindres en acier de 2,40 m. de diamètre et 7,60 m. de longueur d'une capacité de 35,60 m³; la tôle des fonds a 6,3 mm. et celle de la partie cylindrique 4,7 mm. d'épaisseur.

Ces réservoirs sont supportés par des murs en briques dans un local hermétiquement clos, ayant extérieurement 22,50 m. de long sur 20,74 m. de large et 3,60 m. de haut; le sol est formé au-dessous d'eux par un béton de 0,38 m. d'épaisseur; les parois du bâtiment ont 1.10 m. d'épaisseur jusqu'à la hauteur de 3,20 m. et 0,66 m. au-dessus; la couverture est formée de voûtes que soutiennent des fers à I de 305 mm. de hauteur espacés de 0,91 m.; voûtes et murs sont en briques, avec mortier et ciment. Cette toiture est recouverte d'une couche de terre de 0,30 m. de hauteur; les côtés sont protégés par des talus en terre gazonnés. L'ensemble a tout à fait l'aspect d'un ouvrage fortifié, ne dépassant le niveau du sol que d'environ 2 mètres.

L'intérieur est partagé en 6 compartiments de 9,15 m. sur 6,77 m. et 3,05 m. par des murs en briques de 0,45 m. d'épaisseur; chacun de ces compartiments, qui est muni à sa partie inférieure d'un puits de 0,91 m. de profondeur où se réunissent les liquides tombant sur le sol et d'où ces liquides peuvent facilement être enlevés par un éjecteur à vapeur, serait capable de recevoir une quantité de pétrole trois fois supérieure à celle qui peut être logée dans les deux réservoirs placés dans le compartiment. Cette disposition est destinée à fractionner l'huile en plusieurs lots, si par suite d'incendie ou de toute autre cause, elle quitte ses récipients.

Chacun de ceux-ci est relié par un tuyau de 102 mm. de diamètre, avec le collecteur D qui court entre les deux rangées de réservoirs et amène l'huile à la station des pompes. Les deux conduites E de 239 mm. chacune, que des tubulures verticales mettent en relation avec la partie supérieure des réservoirs placés au-dessous d'elles, amènent à ceux-ci l'huile

Digitized by Google

pompée en excès. Le tuyau F de 51 mm. amène de la vapeur aux serpentins horizontaux dessinés en pointillé (fig. 2), et noyés dans le liquide des réservoirs à 300 mm. au-dessus du fond ; le but de cette disposition est d'amener l'huile à une température suffisante pour être facilement pompée. Ce même tuyau fournit la vapeur nécessaire au fonctionnement des éjecteurs des puits. Le tuyau G, de même diamètre que le précédent, évacue l'eau provenant de la condensation de la vapeur, après son fonctionnement dans les serpentins et les éjecteurs. Chaque réservoir est muni d'un tuyau vertical de 3 m. de hauteur, au-dessus de sa partie la plus élevée; par ce tuyau s'échappent les gaz qui sortent de la masse liquide ; le flotteur auquel il livre passage indique à chaque instant le niveau de l'huile dans le réservoir.

Enfin, un tuyau de 25 mm. amène, par des tubulures de 3 mm., une pour chaque réservoir, de l'air comprimé dans ces derniers ; l'injection de ce fluide sous pression se pratique quand un ouvrier doit, pour cause de réparation entrer dans un réservoir, qu'il faut dans ce cas, assainir avant qu'il s'y introduise, ou quand la température du réservoir doit être abaissée, afin de pouvoir y amener, sans danger, de l'huile fraîche.

Le collecteur D (fig. 1 et 2) n'a qu'un parcours de 9 mètres à faire pour rejoindre la station des pompes chargées d'envoyer aux chaudières l'huile qui leur arrive des réservoirs. Les deux pompes de cette station construites par les « Snow steam pump Works » sont entièrement garnies de laiton. Chacune d'elles peut débiter jusqu'à 4 500 litres à la minute, bien que le consommateur des chaudières ne puisse dépasser 750 litres pendant le même temps ; cet énorme excès de la puissance disponible sur la puissance normalement utilisée a pour but d'assurer, le cas échéant, la rapide vidange des tuyaux qui relient les pompes aux chaudières, et qui ne contiennent pas moins de 30 000 litres de pétrole. Un simple jeu de robinets à leviers permet dans ce cas, de changer fort vite le sens de la marche du liquide dans les conduites. Deux chaudières verticales de 40 chevaux chacune, chauffées, cela va sans dire, au pétrole, sont établies dans la station même des pompes pour fournir à ces dernières la valeur dont elles ont besoin.

Un tuyau de 0,75 m. de diamètre et de 9 mètres de hauteur, formé par la superposition de 6 cylindres en tôle d'acier de 4,7 mm. rivés ensemble et communiquant avec les tuyaux de refoulement de l'huile, sert de régulateur de la pression dans ces tuyaux. Il sert aussi à assurer le retour aux réservoirs du liquide en excès, par un tuyau de trop plein de 228 mm. qui se greffe sur lui à 0,60 mm. en contre-bas de sa partie supérieure.

Du reste, pour proportionner autant que possible le débit des pompes à la consommation des chaudières, l'arrivée de la vapeur aux corps de pompe est commandée par des soupapes dont le jeu est lui-même réglé par des

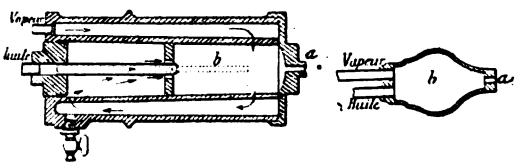


Fig. 3 et 4. —Pulvérisateur de pétrole : fig. 3, *b* jet d'huile pulvérisée, *a* échappement du mélange; fig. 4, *b* formation du mélange, *a* échappement du mélange.

régulateurs électriques combinés de telle sorte qu'une variation de pression de 0,016 atmosphères, en plus ou en moins dans les tuyaux, suffit pour arrêter ou mettre en marche les pompes.

Ajoutons, avant d'en finir avec la description de la station des pompes, que, pour prévoir le cas ou l'huile n'arriverait pas de l'usine appelée à la fournir par la conduite qui relie cette usine aux réservoirs de Chicago, les pompes sont reliées par une conduite de 127 mm. à une voie de garage, située à 21,50 m. d'elles, et sur laquelle on ferait arriver des wagons chargés de pétrole. Cette conduite est munie de 6 raccords de 63 mm. de diamètre, pouvant être reliés par des tuyaux flexibles aux wagons. L'huile peut de la sorte être envoyée de ces

Digitized by Google

derniers aux réservoirs ou directement aux chaudières.

La liaison entre ces chaudières et la station des pompes est établie par deux conduites, l'une de 127 mm., l'autre de 152 mm. de diamètre, qui se détachent en deux points diamétralement opposés, du tuyau régulateur de la pression. Pour que le liquide se réchauffe dans ce parcours, à chaque conduite est accolé un tube de 51 mm., dans lequel circule un courant de vapeur, et l'ensemble de la conduite et du tube est enfermé dans une boîte étanche d'une section de 305 sur 35 mm. Les deux conduites, chacune après un parcours de 915 mm., mais en suivant des chemins différents, arrivent dans la loge du « surveillant de la fumée », où elles se relient. De ce point, exactement placé en face du milieu de la chaufferie, l'huile est amenée aux chaudières par un tuyau de 202 mm. et de 12 mètres de longueur, qui se bifurque en deux conduites, l'une de 152 mm. et de 326 mètres de long allant jusqu'aux extrémités de la chaufferie, l'autre de 127 mm. et de 48,90 m. allant jusqu'à son milieu. Ces conduites alimentent le collecteur de 127 mm., qui court sur tout le front des chaudières, et qui est d'ailleurs divisé par des soupapes en trois sections, pouvant être isolées les unes des autres, à un moment donné. De ce collecteur partent des tuyaux secondaires desservant chacun deux chaudières ; enfin, de ces derniers se détachent des tubes plus petits, un pour chaque brûleur.

Ceux-ci sont au nombre de 194 : 56 du système Reid, 58 du système Larkin, 48 du système Greaves, 16 du système Armstrong, 8 du système Wright, 8 brûleurs pour locomotives.

Tous ces brûleurs reposent d'ailleurs sur le même principe : la pulvérisation du jet d'huile par un jet de vapeur. Ils diffèrent simplement par la disposition relative des deux jets. Les figures 3 et 4 donnent deux modèles de cette disposition. La vapeur nécessaire à la pulvérisation est amenée par un tuyau de 63 mm. de diamètre, qui règne au-dessus de la batterie des chaudières, et duquel se détache, vers chaque générateur, un tube de 51 mm.

Ces générateurs sont eux aussi de types variés, savoir :

4	chaudières	Abendroth et Root de	1.500 ch.
9	—	Heise	3.375 —
4	—	National.	1.500 —
10	—	Campbell and Zell C°	3.750 —
10	—	Babcock et Wilcox..	3.000 —
3	—	Climax	1.100 —
8	—	Stirling	3.600 —
4	—	Gill	1.500 —
52	chaudières représentant . . .		19.325 ch.

La disposition du foyer varie avec chaque type de générateur : dans certains cas, la grille est simplement recouverte de briques réfractaires ; d'autres fois, l'air, avant d'arriver au contact de l'huile pulvérisée qu'il doit brûler, est réchauffé par sa circulation à travers des carneaux ménagés, à cet effet, dans le foyer ; ce dispositif assure une production plus élevée de vapeur. Sous les chaudières de la Campbell et Zell C° et de la National Water tube Boiler C°, une cloison détourne les flammes vers l'avant et les partage régulièrement au-dessus de la chambre de combustion ; les brûleurs sont alors inclinés vers le bas, pour que les flammes atteignent le fond de cette chambre. Les cheminées ont été faites avec une section qui eût été suffisante pour chauffer les chaudières au charbon, c'est-à dire trois fois supérieure à celle qu'eût nécessité le chauffage au pétrole. C'est pour prévoir le cas où, l'huile venant à manquer, on aurait été obligé d'avoir recours à la houille.

Dans la loge de surveillance de la fumée se tient en permanence un gardien qui a pour mission, dès qu'il voit une cheminée fumer, de prévenir, par une sonnerie électrique, le chauffeur de la chaudière correspondante. La fumée dégagée par le chauffage au pétrole est d'ailleurs toujours minime ; elle se révèle cependant par sa couleur jaune clair, comme aussi par son odeur. Il est, du reste, très facile de la supprimer complètement, en réglant

Digitized by Google

convenablement l'arrivée de la vapeur dans les brûleurs ou la position de la pointe de l'injecteur, pour les appareils de certains types.

Le surveillant de la fumée a aussi la consigne de fermer immédiatement l'arrivée de l'huile à la chaufferie, en cas d'incendie. Un système de sonneries électriques relie la chaufferie et la station des pompes à sa loge, six à sept minutes suffisent pour vider complètement les tuyaux ; les premiers coups de pompe auraient d'ailleurs abaissé suffisamment la pression dans les conduites pour que, avant ce moment, l'huile cessât d'arriver aux brûleurs.

L'huile employée, résidu de la distillation du pétrole brut, d'un poids spécifique moyen de 0,84, marquant 25 à 30° à l'aréomètre Baumé, ne s'allume qu'à 175° centigrades ; son emploi n'offre donc aucun danger. Du reste, pour éviter l'inflammation des gaz qui pourraient s'en dégager, en quantité d'ailleurs minime, et arriver au contact des conducteurs et des lampes électriques, les conducteurs sont enveloppés d'une substance isolante réfractaire et les lampes sont enfermées dans des cloches de sûreté ; les commutateurs, qui pourraient donner lieu à des étincelles, sont éloignés des réservoirs de pétrole.

L'huile emmagasinée dans chacun de ceux-ci a toujours été mesurée et la quantité employée soigneusement notée, pour qu'on pût se rendre compte de la consommation journalière. En moyenne, cette dernière équivalait à une consommation de 550 t. de houille. On a calculé que pour brûler, en 24 heures, une semblable quantité de charbon, il n'aurait pas fallu moins de 120 chauffeurs travaillant 8 heures chacun. Or, 17 chauffeurs, dont un chef et son aide, ont assuré, en travaillant aussi 8 heures, le service des chaudières à pétrole, dont le fonctionnement a d'ailleurs été parfait. Cette simple comparaison a montré la supériorité de l'huile minérale sur la houille, au point de vue des frais du personnel employé.

Notes sur les tramways électriques aux Etats-Unis et au Canada, par M. H.-D. Wilkinson.

La question des tramways électriques en Amérique présente suffisamment d'intérêt pour que nous ayons cru devoir analyser l'étude faite par M. Wilkinson.

L'auteur du cette étude a eu pendant l'Exposition de Chicago l'occasion d'examiner les divers systèmes de traction employés dans cette ville. Le travail qu'il vient de publier est le résultat de ses observations et des ses recherches.

M. Wilkinson commence par nous donner un tableau pittoresque des voitures circulant sur les railways, bondées et surchargées de voyageurs, dont quelques-uns sont accrochés au véhicule, d'autres juchés sur le toit. Après avoir vu une voiture motrice traînant deux ou trois wagons avec 250 personnes, à une vitesse de 10 kilomètres à l'heure, sur des routes sans drainage et couvertes de boue, il arriva à penser que la pratique qui consiste à mettre sur une seule voiture deux moteurs de 25 ou 30 chevaux, et qui entraînerait une perte de matériel et de force, n'était pas déraisonnable.

Il va de soi qu'on n'a pas toujours besoin de développer toute la puissance disponible et que le contrôleur peut régler celle ci selon le trafic, mais il est très important d'avoir des moteurs qui résistent au besoin à un travail exceptionnellement dur et qui n'aient pas besoin d'être surveillés.

Pendant l'année, le nombre des voyageurs sur toutes les lignes de Chicago a été d'environ 288 millions, ce qui fait un excédent de 55 millions sur l'année précédente.

Le type général de construction pour les grands écartements est à poteaux implantés au milieu de la voie entre les deux rails. Ces poteaux sont munis de crochets de fer pour supporter les câbles. L'aspect général est loin d'être désagréable, surtout quand tous les autres poteaux supportent une lampe à arc et

Digitized by Google

un groupe de lampes à incandescence, et que les crochets sont ornementaux. Les câbles accouplés ne sont nécessaires qu'aux courbes et dans les petits écartements.

La construction entière de la voie, y compris les rails et les câbles conducteurs, coûte environ 21,752 francs par kilomètre, et les corps de voitures, avec les trucs moteurs au complet coûtent environ 20,000 francs par voiture. Pour une ligne d'environ 8 kilomètres avec 15 voitures, la station de force motrice, y compris le bâtiment et la machinerie, coûterait environ 125,000 francs, et le terrain avec les remises pour voitures, environ 75,000 fr., ce qui met le total des frais d'installation à 675,000 francs. Par voiture et par mille le rendement serait compris entre 1 et 1,50 fr., les dépenses totales de circulation entre 0,70 et 0,80 fr., ou en moyenne 60 o/o.

Les membres de l'Association des tramways américains ne regardent pas à un voyage d'un millier de milles pour venir à leur congrès annuels. A ces congrès, qui durent trois ou quatre jours, on lit et on discute des mémoires originaux et des rapports sur des recherches confiées aux comités l'année précédente. Il y a en même temps une exposition spéciale et de nouvelles voitures électriques de tous genres font un service regulier sur les lignes de la ville. Les diverses Compagnies de la ville envoient des invitations à visiter leurs usines; on reçoit gratis des carnets de tickets.

Après ces généralités, M. Wilkinson passe à l'examen des questions qui préoccupent les spécialistes et à la description de ce qu'il a vu du fonctionnement des différents systèmes.

Ce que l'on cherche surtout à perfectionner c'est :

1° La construction de la plate-forme et de la voie ;

2° L'aménagement du circuit de retour ;

3° La distribution du potentiel le long de la ligne, distribution qu'il faut rendre plus uniforme.

En outre, dans l'atelier de force motrice, on a à se préoccuper de la manière d'actionner, de gouverner des appareils de sûreté, de la meilleure proportion à établir entre la machine et le générateur, ainsi que du problème de l'inertie du volant.

Indépendamment de ces questions, il y a celles des systèmes pratiques et économiques pour fournir de l'énergie aux voitures dans les quartiers urbains où la population est très dense, par exemple au moyen d'accumulateurs ou de conduites souterraines ; et, pour le travail à longues distances, la question de l'emploi des moteurs synchroniques à deux ou trois phases avec transmission de courant par des câbles d'alimentation souterrains à haute tension.

L'auteur a visité Detroit, Milwaukee, Toronto, Montréal, Buffalo, Cleveland, Cincinnati, Pittsburg, Washington et Philadelphie ; il a examiné en détail le chemin de fer électrique que l'on a construit dernièrement sur le côté canadien des chutes du Niagara.

(*A suivre.*)

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES
ET DES
PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Par MM. J. BLONDIN et C. RAVEAU

Calcul du champ magnétique d'un courant circulant dans une bobine cylindrique, par G. M. Minchin (1).

Si les spires de la bobine sont suffisamment serrées les unes contre les autres, la bobine peut être considérée comme formée d'une série de courants circulaires très rapprochés. Chacun de ces courants pouvant être assimilé, au point de vue de ses actions magnétiques extérieures, à un feuillet magnétique de même contour que le courant et de puissance égale à l'intensité du courant, la bobine entière peut être assimilée à une série de feuillets magné-

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVII, p. 204-215 ; 1894.

Digitized by Google

tiques plans, circulaires, de même puissance, empilés les uns sur les autres de manière que les faces de noms contraires de deux feuillets consécutifs soient en contact. Les effets magnétiques des faces en contact s'annulent les uns les autres, de sorte que, en définitive, la question se trouve ramenée à la recherche du potentiel magnétique en un point de l'espace dû à deux couches magnétiques de densités égales et de signes contraires respectivement situées sur les deux bases de la bobine cylindrique.

Soit ABC (fig. 1), l'une de ces couches magnétiques. On sait que le potentiel dû à cette couche en un point P de l'espace peut s'exprimer au moyen d'une série d'harmoniques

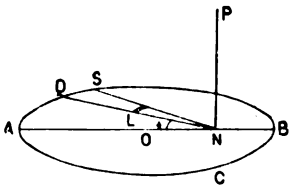


Fig. 1.

sphériques ordonnées suivant les puissances positives ou négatives du rapport $\frac{OP}{OA}$ suivant que le point P est proche ou éloigné du centre O de la couche. Mais cette série ne convient guère que dans le cas où OP est très petit où très grand par rapport à OA car si ces deux longueurs sont du même ordre de grandeur il devient nécessaire de prendre un nombre considérable de termes pour avoir une bonne approximation.

Pour cette raison l'auteur exprime ce potentiel à l'aide d'intégrales elliptiques. Dans ce but il décompose la surface du feuillet en éléments infiniment petits L et par sommation il obtient pour le potentiel de la couche magnétique en P

$$V = 2m \int (\sqrt{r^2 + z^2} - z)\, d\theta,$$

m étant la densité de la couche magnétique, z la distance PN, r la distance NQ et A l'angle de NQ avec le diamètre AB, intersection du plan de la couche magnétique par le plan perpendiculaire passant par P et le centre O.

Mais suivant que le point N tombe à l'intérieur de la circonférence ABC, sur cette circonférence ou en dehors, les limites de l'intégration sont o et π, o et $\frac{\pi}{2}$, o et o. Pour éviter ce changement des limites, l'auteur prend comme variable indépendante l'angle φ formé par OA et le rayon OQ et par diverses transformations assez longues il parvient à l'expression

$$\frac{V}{2m} = z \left\{ KE' + EK' - KK' - \pi \right\} + \rho E + \rho \cos\theta \cos\theta . K,$$

où K et E sont respectivement les intégrales elliptiques complètes de première et de seconde espèce de module

$$k = \sqrt{1 - \frac{\rho^2}{\rho^2}},$$

K′ et E′ les intégrales elliptiques incomplètes de première et de seconde espèce de module

$$k' = \frac{\rho'}{\rho},$$

ρ et ρ' les distances du point P aux points A et B, θ et O′ les angles PAB, PBA.

Le potentiel d'une couche magnétique étant trouvé, il est facile d'en déduire celui d'un feuillet d'épaisseur Δz. Pour cela il suffit de retrancher de l'expression de V celle qu'on oblient en y remplaçant z par $z + \Delta z$, c'est-à-dire de calculer $-\frac{dV}{dz}\Delta z$. En divisant par $m\Delta z$ on obtient le potentiel d'un feuillet de puissance 1. L'auteur trouve ainsi

$$\Omega = 2 (\pi + KK' - KE' - EK') - 2k' K \sin\theta,$$

formule qui le conduit à l'expression

$$V = 2mh \left\{ \pi + KK' - KE' - EK - 2k' K \sin\theta \right\}$$

pour le potentiel dû à deux couches magnétiques de densité m en un point de l'espace dont la distance à l'une quelonque des couches est très grande par rapport à la distance h qui sépare les deux couches parallèles.

Le potentiel d'une bobine recouverte d'une

Digitized by Google

seule couche de fil étant ainsi déterminé, l'auteur passe ensuite au cas d'une bobine recouverte de plusieurs couches.

J. B.

Recherches sur les rayons de force électrique ; production objective facile de ces rayons, par L. Zehnder (1).

Ce Mémoire est une suite de compléments aux Mémoires publiés antérieurement par l'auteur ; les uns sont relatifs aux précautions à prendre pour la reproduction facile des expériences de Hertz, précautions déjà décrites en partie (2) ; les autres se rapportent aux *décharges partielles de même sens* qui se produisent, d'après M. Zehnder et Hagenbach, dans l'excitateur de Hertz (3). La fin du Mémoire est consacrée à la description des appareils employés par l'auteur.

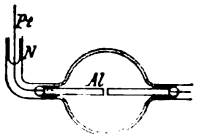


Fig. 1.

M. Zehnder indique d'abord les avantages qui résultent de la présence d'une couche d'huile de paraffine à la surface de l'eau acidulée de l'accumulateur *à haute tenston* dont il se sert dans ses expériences. Ces avantages sont : 1° Suppression absolue des sels grimpants ; 2° suppression de l'évaporation ; 3° très bon isolement électrique bien que la séparation des plaques de l'accumulateur soit faite avec des lames de bois. Il ajoute qu'il est important, quand on ne se sert plus de l'accumulateur, de relier ses éléments en quantité, comme pour la charge.

Pour observer les étincelles secondaires avec facilité, M. Zehnder les fait éclater, dans un tube évacué, entre deux tiges d'aluminium reliées aux extrémités des deux moitiés d'un secondaire rectiligne. Ces deux tiges sont également reliées aux pôles de l'accumulateur à haute tension dont la différence de potentiel est réglée de manière à être légèrement inférieure à celle qui est nécessaire à la formation d'une étincelle entre les deux tiges ; quand les étincelles secondaires éclatent sous l'action de l'excitateur, le courant de l'accumulateur passe en même temps ; les étincelles deviennent par suite plus intenses et le tube s'illumine. Pour construire ces tubes de décharges, on prend deux fils d'aluminium auxquels on soude, à l'aide de la flamme oxydante du chalumeau, deux fils de platine. Les fils d'aluminium sont enfermés dans des tubes en verre que l'on fond au chalumeau de manière à ce qu'ils se soudent au métal. Les extrémités de ces tubes qui contiennent les fils de platine sont fondues de manière à former une sorte de coupelle N (fig. 1) que l'on remplit de mercure ou d'amalgame pâteux pour assurer une bonne communication électrique entre les fils de platine P*t* et les extrémités du conducteur secondaire. Les tubes de verre sont placés dans une ampoule de verre que l'on soude autour des tubes et où l'on fait le vide. On a soin de mettre en contact les extrémités des tubes en verre ; les extrémités des fils d'aluminium qu'ils renferment sont alors séparées par un très petit intervalle résultant de ce que, pendant le refroidissement qui a suivi la soudure du tube et du métal, celui-ci s'est contracté un peu plus que le verre. C'est cet intervalle que franchissent les étincelles secondaires. Les tubes ainsi préparés sont très sensibles.

Pour régler la différence de potentiel produite par l'accumulateur entre les tiges d'aluminium du tube de décharge, M. Zehnder s'est fort bien trouvé de l'emploi d'une résistance liquide constituée par une dissolution d'iodure de cadmium. Pour rendre intermittent le courant primaire de la bobine, il pré-

---

(1) *Wiedemann's Annalen*, t. LII, p. 34 à 56 ; 1894.

(2) *Reproduction objective des expériences de M. Hertz sur les rayons de force électrique; Wied. Ann.* t. XLVII, p. 77 ; 1892. — *Reproduction objective des expériences de Hertz ; accumulateur à haute tension; Wied. Ann.* t. XLIX, p. 549 ; 1893.

(3) *Sur la réflexion et la résonance des oscillations hertziennes*; *Wied. Ann* , t. XLIX, p. 724 ; *l'Eclairage électrique*, p. 35.

Digitized by Google

avait seulement observé une diminution de la charge positive trouvée dans le cas de l'air; M. Thomson pense que l'hydrogène qu'il employait n'était pas suffisamment bien privé d'air).

2. En employant des solutions très étendues d'acide chlorhydrique, la déviation décroît quand la concentration augmente ; elle devient nulle pour une solution contenant 6,4² cm d'acide pour 10^4 cm^3 d'eau; elle reste nulle pour des liqueurs plus concentrées.

3. La déviation change de sens quand on ajoute à l'eau des quantités très minimes

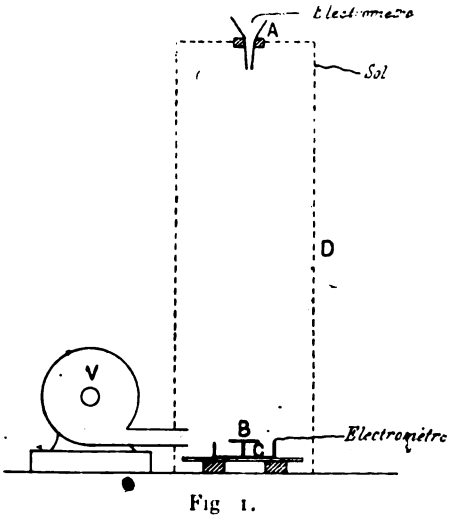


Fig 1.

d'acide sulfurique; elle conserve le même sens pour toutes les concentrations.

4. Avec l'acide acétique la déviation décroît, change de sens puis reprend le sens primitif à mesure que la concentration augmente.

5. Par des additions successives de phénol à l'eau qui s'écoule on voit la déviation croître considérablement, puis décroître, et enfin changer de sens.

6. Avec l'acide iodhydrique, la déviation décroît, puis change de sens.

7. Avec l'acide oxalique, on observe une diminution de la déviation à mesure que la concentration augmente; à partir d'une certaine concentration la déviation reste nulle; il en est de même avec le chlorure de zinc.

8. Le trioxyde de chrome, l'iodure et le permanganate de potasse ajoutés à l'eau en quantités extrêmement faibles renversent le sens de la déviation.

9. Des quantités excessivement petites de diverses matières organiques comme le violet de méthyle, la fluoresceine et l'éosine produisent une très grande variation de la déviation dans un sens ou dans l'autre.

10. Des dissolutions de pyrocatéchine, de résorcine et d'hydroquinone contenant 0,5 gr.

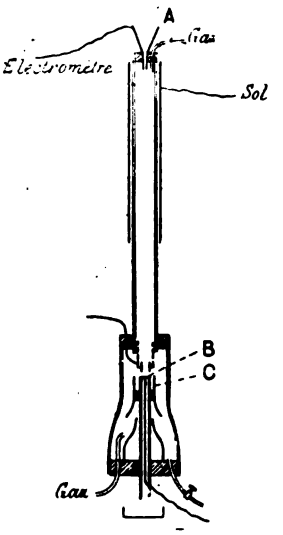


Fig. 2.

de ces subtances par litre d'eau donnent des déviations qui sont respectivement 205, 205 et 255, la déviation donnée par l'eau pure étant 210.

11. Lorsqu'on opère avec l'eau pure, une élévation de la température augmente la déviation ; avec la rosaniline il y a d'abord augmentation puis diminution et enfin changement du sens.

12. Tous les résultats précédents, sauf le premier ont été obtenus en faisant tomber les gouttes liquides dans l'air. Les expériences faites avec le gaz d'éclairage ont donné des déviations de même sens que dans le cas de l'air. Avec l'hydrogène, tous les liquides étudiés à l'exception de l'éosine, de la rosaniline

Digitized by Google

et du violet de méthyle, donnent des déviations de sens inverse à celui des déviations qu'elles donnent avec l'air.

13. Les déviations produites par les solutions de rosaniline et de violet de méthyl tombant changent de sens quand la chute des gouttes se fait dans une atmosphère de chlore; une dissolution de chlore tombant dans une atmosphère de chlore ne donne aucune déviation.

La dernière partie du Mémoire est consacrée à la discussion de ces résultats.

Le développement d'électricité observé peut s'expliquer facilement dans l'hypothèse de l'existence d'une couche double électrique à la surface de séparation de chaque goutte et du gaz environnant. Par suite, l'aplatissement des gouttes contre la plaque métallique qu'elles frappent, les deux couches se trouvent séparées et la charge de l'une électrise le liquide recueilli tandis que l'autre électrise le gaz environnant.

Mais si l'explication des phénomènes observés est facile lorsqu'on admet l'existence d'une couche double il s'agit maintenant d'expliquer la formation de cette couche. L'auteur fait observer que quand les gouttes tombent dans l'oxygène, qui est un gaz électronégatif, la couche négative est située dans ce gaz quand le liquide est de l'eau pure ou une dissolution d'un corps facilement oxydable comme l'acide pyrogallique, le phénol, l'éosine et la fluorescéïne. Au contraire c'est la couche positive qui se trouve dans le gaz quand les liquides précédents tombent dans l'hydrogène qui est électro-positif. Quand on opère avec des liquides très oxydants comme le trioxyde de chrome, le peroxyde d'hydrogène, le permanganate de potassium, la couche négative paraît toujours se trouver dans le gaz que celui-ci soit de l'oxygène ou de l'hydrogène. D'un autre côté on n'observe aucun phénomène électrique et, par conséquent, il ne doit pas y avoir de couche double, quand on opère avec de l'eau tombant dans de la vapeur d'eau ou avec de l'eau de chlore tombant dans du chlore. Ces remarques, et quelques autres qu'il serait trop long de rapporter, conduisent l'auteur à attribuer la formation de la couche double à une action chimique des corps en contact.

Suivant M. Thomson l'eau distillée, loin d'être un corps chimiquement saturé et inerte, est, au contraire, capable de produire des changements de nature chimique dans le gaz qui l'entoure et dans les substances qui sont dissoutes dans cette eau. L'importance de ce changement croît d'abord avec la quantité de matière dissoute, mais cet effet est contrebalancé par ce fait que l'activité chimique de l'eau décroît à partir d'une certaine concentration. Si donc A est la mesure de l'effet électrique de l'eau distillée sur le gaz environnant, on pourra représenter l'effet d'une dissolution contenant m grammes de substance par litre par Ae^{-bm}, β étant une constante. D'un autre côté soit β la fraction du nombre total de molécules de la substance dissoute que l'eau pure est capable d'amener dans les conditions requises pour donner lieu à un effet électrique; la dissolution contenant m grammes par litre pourra amener dans ces conditions un nombre de molécules proportionnel à $Be^{-\gamma m}$ et si $\frac{C}{B}$ est la mesure de l'effet électrique d'une molécule, celui des molécules dissoutes pourra être représenté par $Ce^{-\gamma m}$. Par suite l'effet électrique total sera proportionnel à

$$Ae^{-bm} + Ce^{-\gamma m}$$

Si on porte en ordonnées les valeurs que prend cette expression pour diverses valeurs de m portées en abscisses on obtient les courbes représentées par les figures 3, 4 et 5 et qui correspondent, la première au cas où A et C sont du même signe, la seconde à celui où A et C sont de signes contraires, enfin la troisième à celui où C est nul. Or la courbe du type de la figure 3 est de la forme de celle qui indique la variation de la déviation électrométrique observée quand on augmente la concentration des solutions de phénol, d'éo-

Digitized by Google

sine et de fluoresceïne ; celle que représente la figure 4 s'accorde avec les observations faites avec les solutions de permanganate de potassium, de trioxyde de chrome, de peroxyde d'hydrogène, de rosaniline et de violet de mé-

Fig 3.

thyl ; enfin la courbe de la figure 5 est de la forme de celles qui représentent les résultats obtenus avec le chlorure de zinc, l'acide chlorhydrique et l'acide iodhydrique. Cette concordance semble indiquer que les raisonne-

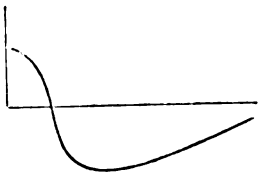


Fig. 4

ments de l'auteur reposent sur des bases assez solides.

M Thomson montre ensuite que la différence de potentiel des deux couches d'une couche double ne peut, pour les liquides et les gaz qu'il a étudiés, atteindre une valeur de

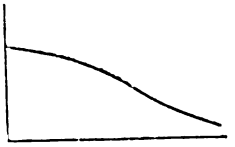


Fig. 5.

l'ordre du volt. Il résulte en effet de son calcul que si la différence de potentiel était un volt dans le cas de l'eau distillée et de l'air la constante capillaire d'une solution saline étendue ne donnant pas lieu à des phénomènes électriques serait de 44 unités plus grande que celle de l'eau pure. Or il n'en est pas ainsi en général.

Quoiqu'il en soit de la valeur de la différence de potentiel, l'existence d'une couche double à la surface d'un liquide semble démontrée. Si on admet son existence à la surface des solides les phénomènes d'électrisation par frottement deviennent explicables. Il en est de même, suivant l'auteur, de certains phénomènes photo-électriques.

M. Thomson termine son Mémoire par l'examen de cette hypothèse que l'énergie possédée par un atome d'un corps n'est pas la même suivant qu'il possède une charge négative ou une charge positive égale en valeur absolue, hypothèse que lui suggèrent les résultats de ses expériences.

J. B.

O. Grottian. — Magnétisme de cylindres de fer creux et pleins (1).

Les expériences de Feilitzsch (2) ont montré que, si l'on mesure le moment magnétique d'un cylindre creux à l'intérieur duquel on introduit successivement d'autres cylindres qui s'y emboîtent parfaitement, le moment semble tendre vers une limite qui serait atteinte bien avant que le cylindre fût complètement rempli ; en d'autres termes, le magnétisme ne semblerait plus pénétrer jusqu'au centre du cylindre. L'auteur a repris ces recherches. Les moments magnétiques étaient mesurés à l'aide d'un magnétomètre ; les cylindres étudiés se trouvaient, dans la première position de Gauss, à l'intérieur d'une bobine qu'on pouvait déplacer le long d'une règle. On faisait les mesures de déviation pour deux distances de la bobine à la boussole. L'expérience prouva que les déviations produites par la bobine seule n'obéissent pas à la loi de Gauss, ce qui tenait, comme on le reconnut par la suite, à la présence de fer dans le cadre de la boussole. Une

(1) *Wied. Annal.*, t. L, p. 705.
(2) *Annales de Poggendorf*, t. LXXX, p. 321. 1850.

Digitized by Google

formule facile à établir permet de tenir compte de cette cause d'erreur et de la corriger, mais il faut, pour chacune des positions de la bobine, déterminer une déviation produite par le courant seul.

La surface utile de la bobine a été déterminée par des mesures directes et aussi par comparaison des actions exercées sur le magnétomètre par cette bobine et par un appareil-étalon.

Les pièces de fer employées provenaient d'une même tige, de 3,5 cm. de diamètre coupée en morceaux de 11 cm. de long; on en a tiré des cylindres creux ou pleins de même diamètre extérieur et de même longueur. L'analyse du fer a révélé la présence de moins de 0,6 o/o d'impuretés, constituées surtout par du phosphore et du manganèse.

L'auteur a représenté ses résultats par des courbes obtenues en portant en abscisses les intensités de courant et en ordonnées les moments magnétiques. Le champ au centre de la bobine est de 27,2 pour 1 ampère.

La courbe est sensiblement une droite, la même pour les trois cylindres pleins. Les autres courbes sont d'abord sensiblement rectilignes, puis s'abaissent vers l'axe des intensités. Les ordonnées sont d'autant plus grandes que l'épaisseur des parois est elle-même plus forte.

Pour de faibles intensités de courant, toutes les courbes sont sensiblement rectilignes et en coïncidence; pour une intensité de 1 ampère le cylindre dont les parois sont les plus minces (0,802 mm.) a un moment magnétique plus faible que les cylindres pleins; des recherches faites avec des courants dont l'intensité a descendu jusqu'à 0,25 ampère donnent aussi ce résultat. Pour les autres la divergence n'est notable qu'à partir de 4 ampères.

L'auteur en conclut que conformément aux résultats de Feilitzsch, les couches extérieures s'aimantent seules notablement sous l'action de forces magnétisantes faibles. Ce fait présente une grande importance au point de vue de la construction des dynamos; il y aura avantage à faire des électro-aimants creux comme dans la machine Thomson-Houston. Dans le calcul de la résistance magnétique, on ne peut considérer cette quantité comme proportionnelle, même d'une façon approchée, à la section, quand on considère des pièces de fer creuses placées dans un champ peu intense.

Soit Δ M une différence déterminée entre le moment magnétique d'un cylindre plein et celui d'un certain cylindre creux d'épaisseur D, pour un courant donné I; soit I_0 l'intensité du courant qui, dans le cylindre plein, produit le moment magnétique Δ M, l'auteur trouve que le quotient $\frac{D}{I - I_0}$ ne varie pas beaucoup, pour une même valeur de Δ M.

M. Wiener a remarqué que si le quotient était rigoureusement constant, il en résulterait que le moment magnétique d'un cylindre très mince serait proportionnel à sa masse. L'expérience prouve sensiblement que cette proportionnalité est sensiblement vraie pour les maxima des moments magnétiques; la valeur moyenne, rapportée à l'unité de poids, est dans les expériences actuelles 183,5; les précédents expérimentateurs avaient trouvé des valeurs variant de 181 à 220.

Sur l'électrisation de l'air, par lord Kelvin et Magnus Maclean (1).

Dans son ouvrage « Récent Researches in Electricity and Magnétism », M. J.-J. Thomson se posait cette question (§ 36, p. 53) : une molécule gazeuse peut-elle se charger d'électricité ? Les auteurs font observer qu'il est presque évident que les molécules gazeuses peuvent s'électriser, car si une goutte d'eau pure électrisée s'évapore dans un gaz, sa charge doit nécessairement se retrouver sur les molécules du gaz ou sur celle de la vapeur d'eau.

D'ailleurs, vers 1860, lord Kelvin était

(1) *Phil. Mag.*, t. XXXVIII, p. 225-235; 1894.

Digitized by Google

fère l'interrupteur Deprez à celui de Foucault.

En plaçant l'excitateur suivant la ligne focale d'un miroir parabolique et deux résonateurs munis de leurs tubes de décharges suivant les lignes focales de deux autres miroirs paraboliques convenablement disposés, M. Zehnder a pu répéter facilement les expériences de Hertz sur les réseaux de fils métalliques; l'un des tubes s'éclaire par transmission quand les fils du réseau sont perpendiculaires aux lignes focales; c'est l'autre qui s'illumine par suite de la réflexion des rayons, quand les fils du résonatenr sont parallèles aux lignes focales.

Les expériences d'interférences de Boltzmann avec deux miroirs réussissent également très bien. On peut même les utiliser à la mesure de la longueur d'onde. Trois séries de mesures ont donné à l'auteur, pour la valeur de $\frac{\lambda}{4}$, des nombres très concordants : 17,45 cm, 17,14 cm ; 16,86 cm.

Pour la répétition de ces expériences devant un nombreux auditoire les miroirs métalliques présentent l'inconvénient de cacher le tube de décharges à la plus grande partie de l'auditoire. Pour l'éviter, M. Zehnder a remplacé les feuilles métalliques des miroirs par des fils tendus parallèlement sur des montures en bois. Il a ainsi obtenu des miroirs paraboliques *transparents*, qui réfléchissaient aussi bien que les miroirs ordinaires quoiqu'ils n'eussent que le tiers de la hauteur de ceux-ci. Pour rendre apparents les contours de ces miroirs lorsqu'on a fait l'obscurité dans la salle d'expériences, ces contours sont munis de lattes de bois imprégnées d'une solution phosphorescente; ces lattes s'illuminent quand les étincelles jaillissent.

Lorsqu'on diminue la longueur du conducteur primaire la longueur d'onde des oscillations électriques diminue. Mais si l'on diminue de plus en plus la longueur du primaire il arrive un moment où on n'observe plus d'oscillations bien que, comme l'a montré M. Righi, on puisse, en remplaçant la bobine de Ruhmkorff par une machine électrique statique, obtenir des oscillations de longueur d'onde beaucoup plus petites que celle des ondes les plus courtes observables avec un excitateur actionné par une bobine. Cette impossibilité de produire des oscillations de très faible longueur d'onde avec la bobine ne peut, suivant M. Zehnder, s'expliquer avec le fonctionnement du primaire admis par Hertz tandis qu'elle est explicable par des décharges par-

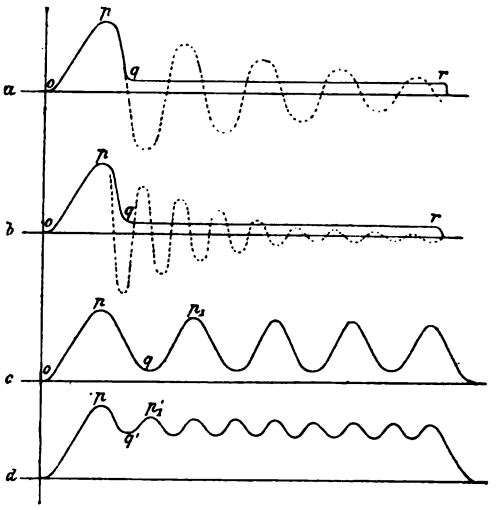


Fig. 2.

tielles de même direction entre les deux moitiés du primaire.

Suivons l'auteur dans cette explication qui lui fournit d'ailleurs l'occasion de développer ses idées sur le fonctionnement de l'excitateur.

Dès que les deux moitiés du primaire sont mises en communiction avec la bobine, leur différence de potentiel croît rapidement jusqu'à ce qu'elle atteigne la valeur correspondant à la production de l'étincelle. Par suite de la production de cette étincelle, la résistance électrique de l'intervalle séparant les deux moitiés du primaire se trouve diminuée brusquement et la différence de potentiel s'abaisse. Si la conductibilité de la coupure du primaire ne variait pas, la différence de potentiel conserverait la même valeur jusqu'à ce que les charges électriques apportées sur les moitiés

Digitized by Google

primaires par le jeu de la bobine se soient complètement neutralisées. La variation de la différence de potentiel pendant la durée d'une oscillation de la bobine serait alors représentée par la courbe *o p q r* de la figure 2_a. Mais la conductibilité de la coupure, créée par l'écoulement de l'électricité accumulée sur chaque moitié du primaire, doit dépendre de la quantité d'électricité qui s'écoule par unité de temps. Si, comme le suppose M. Zehnder, la

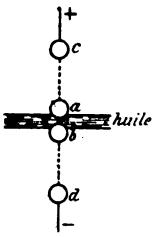


Fig. 3.

quantité amenée par le jeu de la bobine n'est pas suffisante pour maintenir l'écoulement constant, cette conductibilité diminue et bientôt elle devient insuffisante pour que l'écoulement continue à se produire sous l'action de la différence de potentiel correspondant à *q r*. L'écoulement cessant, la différence de potentiel s'élève jusqu'à ce qu'une nouvelle étincelle se produise. A la suite de cette étincelle les phénomènes précédents se reproduisent, et ainsi de suite, de sorte que, pendant la durée d'une oscillation de la bobine, la variation de la différence de potentiel des deux moitiés du

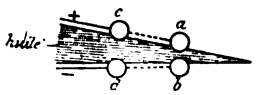


Fig. 4.

primaire est représentée par la courbe $opgp_1$ de la figure 2_c, variation qui est d'accord avec les faits expérimentaux observés par MM. Hagenbach et Zehnder. Cette variation de la différence de potentiel donnera naissance à des ondes non complètement identiques entre elles à cause de la variation inégale de la conductibilité de la coupure et à cause de la variation de l'intensité du courant secondaire de la bobine pendant la durée d'une oscillation de ce courant.

Supposons maintenant qu'on diminue les dimensions du primaire, l'écartement ses deux moitiés restant la même que précédemment. La première étincelle jaillira pour la même valeur de la différence de potentiel, mais, la capacité du primaire étant moindre, l'intensité de l'étincelle sera moindre, et, par conséquent, la conductibilité acquise par la coupure aura également une valeur moindre. Par suite, cette conductibilité ne tardera pas à devenir suffisante pour que l'écoulement de l'électricité d'une moitié à l'autre du primaire se maintienne. Mais à cause de la faible capacité du primaire la différence de potentiel de ses moitiés augmentera rapidement, de sorte que la seconde étincelle sera plus rapprochée de la

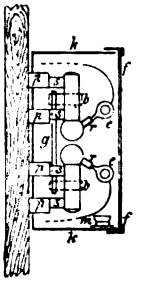


Fig. 5.

première que dans le cas précédent. D'un autre côté, à cause de la faible conductibilité de la coupure, la cessation de chaque étincelle se produit pour une valeur de la différence de potentiel plus grande que celle qui correspondait à la cessation des étincelles dans le cas précédent. Nous aurons donc pour la représentation de la variation de la différence de potentiel une courbe, telle que celle de la figure 2 *d*; où les sinuosités sont plus rapprochées et en même temps moins accentuées que celles de la courbe 2 *c*. Par conséquent les ondes diminuent d'*amplitude* en même temps que leur fréquence augmente; on conçoit donc qu'on ne puisse observer les ondes produites par un conducteur primaire de très petites dimensions.

Si l'on admet les vues de Hertz, la variation

Digitized by Google

de la différence de potentiel des deux moitiés du primaire est représentée, pour les deux cas considérés, par la courbe ponctuée des figures 2 *a* et 2 *b*. Les amplitudes des oscillations étant les mêmes dans les deux cas, on ne peut s'expliquer pourquoi celles de petite longueur d'onde ne peuvent être observées.

Après avoir ainsi expliqué l'impossibilité de produire avec une bobine de Rhumkorff des ondes courtes observables, M. Zehnder décrit le dispositif employé par M. Righi pour la production d'ondes ce 20 cm. et 7,5 cm de longueur d'onde.

On sait que dans ces dispositifs (1) les oscillations se produisent entre deux autres sphères *a* et *b* plongées en partie dans de l'huile de vaseline et placées entre deux autres sphères *c* et *d* (fig. 3) reliées aux pôles d'une machine électrostatique. La décharge jaillit d'abord entre *c* et *a* puis entre *a* et *b* et enfin entre *b* et *d*.

Avec les ondes produites par cet excitation, M. Righi a pu non seulement reproduire les expériences de Hertz, mais encore exécuter des expériences que les ondes de M. Righi ne peuvent interférer qu'autant que leur différence de marche ne dépasse pas une longueur d'onde. D'un autre côté, il fait observer que les étincelles *ca* et *bd*, qui se produisent l'une après l'autre, doivent donner naissance à au moins deux ondes se suivant presque immédiatement. Aussi se demande-t-il si ce ne sont pas les effets de ces ondes que l'on observe ; s'il en était ainsi il pourrait se faire que les oscillations véritables produites entre *a* et *b* n'aient pas d'action.

Pour résoudre cette question il propose deux moyens. L'un consiste à répéter avec les ondes de M. Righi l'expérience d'interférence de Boltzmann avec deux miroirs paraboliques et une surface plane réfléchissante, expérience qui, ainsi que l'a constaté l'auteur, réussit avec des ondes hertziennes pour des différences de marche de 10 λ. Un second moyen consiste à disposer les quatre sphères *abcd* comme le représente la figure 4, de manière à ce que la direction des étincelles *ca* et *bd* soit perpendiculaire à celles de *ab*. Si, dans ces conditions les expériences de M. Righi donnent des résultats aussi nets qu'avec la disposition primitive, c'est que les effets observés sont bien dus aux oscillations produites entre *a* et *b*.

Passons maintenant à la description rapide de l'appareil employé par l'auteur.

La bobine de Ruhmkorff a 18,2 cm. de diamètre et 37,3 cm. de long ; le courant primaire est fourni par 4 grands accumulateurs Tudor (il peut être fourni par un plus grand nombre d'éléments Bunsen) ; le courant secondaire est amené aux deux moitiés du conducteur primaire par deux fils de cuivre bien isolés par une épaisse couche de gutta de 0,15 cm. de diamètre et de 105 cm. de long. Les contacts de ces fils avec les pôles de la bobine et avec le primaire sont obtenus en enfonçant fortement les extrémités coniques de ces fils dans des cavités coniques et non au moyen de vis de pression.

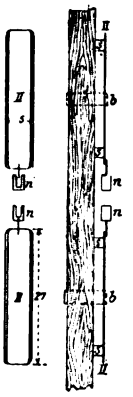


Fig. 6.

Le conducteur primaire représenté par la figure 5 est formé par deux tubes de laiton de 3 cm. de diamètre et de 9 cm. de longueur aux extrémités desquels sont soudées. d'une part, deux sphères de 3,7 cm. de diamètre, d'autre part, deux calottes sphériques ; aux sphères sont soudées deux tubes *r* coniques intérieurement qui reçoivent les extrémités des fils. Chaque moitié du primaire est pressée,

(1) *La Lumière électrique*, t. XLVIII, p. 601 (1er juillet 1893).

Digitized by Google

au moyen d'une bague de caoutchouc *b* qui embrasse un tube de verrre *g*, contre deux supports en cire à cacheter *s* supportés eux-mémes par des cales en porcelaine *p*. Tout le primaire est enfermé dans une boîte de carton *k k* de 16×16×34 dont le couvercle *f f* porte une fenêtre assez grande pour qu'on puisse voir tout l'appareil ; une coupelle *m* contenant de l'acide sulfurique maintient l'air sec.

Les secondaire est formé de deux plaques de laiton II (fig. 7) de 27 cm. de long, 5 cm. de large et 0,1 cm. d'épaisseur ; les bords de leurs grands côtés sont repliés pour leur donner plus de rigidité. A ces plaques sont soudés deux fils de cuivre amalgamé qui dépassent les plaques de 2,3 cm. et supportent deux coupelles *n n* contenant un amalgame et où plongent les extrémités des fils du tube de décharges. Deux bagues de caoutchouc *b b* servent à maintenir le secondaire contre des supports en cire *s*.

Sur l'électricité des gouttes, par J. J. Thomson (1).

Dans ce Mémoire l'auteur expose ses recherches sur le développement de l'électricité au point de chute d'un filet liquide, sujet déjà étudié, deux ans auparavant par M. Lénard (2).

Les figures 1 et 2 représentent les appareils employés dans ces recherches. Les gouttes liquides tombent du bec d'un entonnoir A, frappent une plaque métallique B, puis viennent se rassembler dans un vase C. Le liquide de l'entonnoir et la plaque B sont réunis à la même paire de quadrants d'un électromètre dont l'autre paire est reliée au sol et dont l'aiguille est portée à un potentiel constant. La déviation de l'aiguille permet de reconnaître le signe de la charge que prend la plaque B par suite du choc des gouttes. La mise en communication de l'entonnoir avec cette plaque a pour but d'éliminer l'effet de l'électrisation qui peut résulter du frottement du liquide contre les parois de l'entonnoir. D'ailleurs cet effet est très petit par rapport à celui qui résulte du choc des gouttes contre la plaque, car, si on réunit l'entonnoir seul à l'électromètre, on observe une déviation beaucoup plus faible que celle que l'on obtient en y réunissant la plaque.

Les molécules gazeuses qui se trouvent dans le voisinage du point de chute des gouttes prennent nécessairement une charge de nom contraire à celle que prennent les gouttes et, par suite, la plaque B. Il faut éviter que cette charge du gaz puisse se répandre sur la plaque B et vienne ainsi neutraliser l'effet étudié. Dans ce but un ventilateur V projette dans l'appareil 1 (qui est employé lorsqu'on étudie les phénomènes résultant de l'écoulement d'un liquide dans l'air), un courant d'air qui force les molécules gazeuses à venir au contact des parois du cylindre métallique D et à y abandonner leur charge. Dans l'appareil 2 (employé pour l'étude des phénomènes résultant de l'écoulement d'un liquide dans un gaz autre que l'air), le même résultat est atteint en plaçant immédiatement au-dessus de la plaque B un cylindre métallique relié au sol.

Un très grand nombre de liquides ont été expérimentés avec l'air, le gaz d'éclairage et l'ydrogène. Quelques expériences ont été faites avec de l'eau bien privée d'air tombant au sein de vapeur d'eau également bien privée d'air. Dans toutes ces expériences on notait la déviation de l'aiguille de l'électromètre lorsque 100 cm^3 du liquide s'étaient écoulés.

L'auteur a obtenu les résultats suivants :

1. Avec de l'eau bien privée d'air tombant dans de la vapeur d'eau il n'y a pas production d'électricité ; dès qu'on laisse rentrer de l'air dans l'appareil on observe une électrisation positive de la plaque, fait déjà reconnu par Lénard ; quand la chute se produit dans de l'hydrogène ne contenant pas de trace d'air, la plaque se charge négativement (Lénard

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVII, p. 341-359 ; 1892.

(2) *Wiedemann's Annalen*, t. XLVI, p. 584 ; 1892.

Digitized by Google

conduit, par la discussion des résultats de ses expériences sur le potentiel atmosphérique, à admettre que l'air des hautes régions est électrisé. On ne peut, en effet, s'expliquer autrement que par des mouvements de couches d'air fortement électrisées, les variations incessantes du potentiel en un point de l'air, lorsque le ciel est absolument sans nuages. De récentes expériences faites dans les cours des nouveaux bâtiments de l'Université de Glascow ont également permis de constater ces variations rapides du potentiel et confirment la conclusion qui en a été déduite.

Les anciennes expériences faites dans le vieux collège de l'Université, indiquaient qu'en général les couches d'air voisines du sol sont chargées négativement. Les nouvelles ne montrent pas une aussi grande prépondérance de l'électrisation négative et lord Kelvin pense que l'électrisation négative de l'air du vieux collège est due en partie à la position du lieu d'observation, situé dans la partie basse de la ville et entouré de hautes maisons et de hautes cheminées.

Lord Kelvin avait autrefois observé que, si l'on fait rentrer de l'air dans une chambre par une fente peu large obtenue en entrebaillant une fenêtre ou une porte, l'électrisation à l'intérieur a le même signe que l'électrisation à l'extérieur, que celle ci soit naturelle ou produite par la combustion d'une lampe ou par le fonctionnement d'une machine. En répétant ces expériences, les auteurs ont obtenu le même résultat ; ils ont constaté en outre que si on fait passer l'air dans un tube rempli de coton, l'électrisation de l'air devient insensible.

Les auteurs se proposèrent ensuite de chercher si une portion limitée d'air peut être électrisée suffisamment pour que son électrisation soit observable par les moyens ordinaires, si elle peut conserver son électrisation longtemps et, enfin, si la présence de poussières dans l'air est essentielle pour qu'il y ait électrisation. L'appareil employé dans ce but est formé d'une vaste cuve en tôle reposant, la partie ouverte en bas, sur une grande auge circulaire en bois doublée de plomb et contenant de l'eau. La paroi supérieure de la cuve est percée de deux trous laissant passer, l'un une tige métallique très effilée que l'on relie à une machine électrique, l'autre un tube effilé par la pointe duquel s'écoule goutte à goutte l'eau d'un réservoir isolé ; ce réservoir est mis en communication avec une paire de quadrants d'un électromètre, l'autre paire étant reliée à la cuve ; la tige et le tube d'écoulement sont isolés de cette cuve par des bouchons de paraffine.

Pendant plus de quatre mois des expériences furent faites avec cet appareil. L'air n'étant pas renouvelé et les décharges électriques facilitant, comme on sait, la chute des poussières en suspension, l'air devait être absolument pur de toute poussière à la fin des expériences. Cependant, les premières comme les dernières expériences donnèrent les mêmes résultats : l'air peut être électrisé fortement, soit positivement, soit négativement ; les charges négatives ne se maintiennent pas aussi longtemps que les charges positives.

Pour se rendre compte de l'influence que peut avoir un changement de nature des molécules gazeuses, on plaça sous les parois verticales de la cuve les coudes de deux tubes en U qui permettaient de faire communiquer l'intérieur de la cuve avec l'extérieur.

Au moyen d'une soufflerie on insufflait dans l'un de ces tubes de l'air ayant traversé une boîte où brûlait du papier puis un tissu de coton destiné à arrêter les poussières. Après avoir fait fonctionner la soufflerie plusieurs heures par jour pendant quatre jours consécutifs, de manière que la cuve fût remplie de fumée, on fit de nouvelles mesures électriques. Elles montrèrent que l'air enfumé s'électrise aussi facilement que l'air pur et qu'il retient aussi longtemps les charges qui lui sont données.

La connaissance de différence de potentiel

Digitized by Google

entre l'extrémité du tube à écoulement et les parois de la cuve, qui est donnée par la lecture de la déviation de l'électromètre, permet de se faire une idée de la valeur de la densité électrique en un point. Si, en effet, on assimile l'appareil à une sphère ayant pour centre l'extrémité du tube à écoulement cette différence de potentiel est égale à la somme du potentiel dû à la charge de l'air et à celui qui est dû à la charge de signe contraire produite par influence sur la face interne des parois de l'enceinte ; elle a donc pour expression :

$$V = 4\pi \int_0^a \rho \left(\frac{r^2}{r} - \frac{r^2}{a}\right) dr,$$

a étant le rayon de la sphère et r la distance au centre d'un point où la densité est ρ

On peut d'ailleurs admettre que ρ est constant, car dans les expériences dont il vient d'être question, la durée de l'électrisation était toujours très longue. On trouve alors

$$V = \frac{2}{3}\pi\rho a^2 \qquad \text{d'où} \qquad \rho = \frac{3V}{2\pi a^2}.$$

En prenant pour V la valeur obtenue dans une des expériences, 38 volts ou 0,127 unité électrostatique C. G. S. et faisant $a = 50$ cm., on obtient

$$\rho = 2{,}4 \times 10^{-5}$$

On peut calculer également la force électrostatique en un point. Elle est donnée par l'expression $\frac{4}{3}\pi\rho r$ qui a pour valeur $10^{-4} r$ qnand on adopte les données précédentes. Si l'on suppose un petit corps placé à égale distance du centre et de l'enveloppe ($r = 25$ cm.) et possédant une charge égale à celle d'un centimètre cube d'air, on trouve qu'il est soumis à une force de $2{,}4 \times 10^{-9} \times 25$ dynes, soit environ 6×10^{-11} gramme force (et non 6×10^{-5} gramme force, comme il est dit dans le mémoire). Les auteurs pensent qu'il y a lieu de tenir compte de cette force dans l'étude des causes des mouvements de l'air atmosphérique, sa grandeur étant comparable à celle qui résulte d'une différence de température entre deux régions de l'air. Ils ajoutent que, dans les plus forts orages, la densité électrique en un point de l'air peut n'être pas plus grande que celle qui vient d'être calculée en partant des résultats de l'expérience car, puisque pour une telle densité on obtient une différence de potentiel de 38 volts avec une sphère de 1 mètre de diamètre, on aurait une différence de 38 millions de volts dans le cas d'un globe de 1 kilom. de diamètre, différence plus que suffisante pour produire les plus grands éclairs.

J. B.

Sur les diélectriques, par Rollo Appleyard (1)

Lorsqu'on mesure l'« isolement » d'un diélectrique par la méthode ordinaire, on observe généralement une augmentation apparente de la résistance sous l'influence du courant ; en d'autres termes, on constate que la déviation galvanométrique, après avoir passé par un maximum, diminue peu à peu. Le taux de cette diminution à un instant donné est ce qu'on appelle l'« électrification » du diélectrique à cet instant. Cette quantité qui peut donner quelques indications sur les qualités d'un diélectrique requises en pratique, est en réalité fort mal définie et semble être le résultat de plusieurs phénomènes simultanés encore fort obscurs. L'étude de ces phénomènesest donc d'un grand intérêt et, bien que l'auteur n'ait pas cherché à résoudre les difficultés qu'elle présente, les résultats de cette expérience méritent d'être signalés.

Ces expériences ont porté sur la celluloïde, la gutta-percha et des mélanges en proportions diverses de gutta et de limaille de laiton.

Celluloïd. — Dans les premiers essais une plaque de celluloïd était placée entre deux disques plans de laiton 11 pouces de diamètre ; la plaque formait une marge autour des disques pour prévenir les pertes par les bords ; un poids était placé sur le disque supérieur. Les resultats obtenus sont les suivants ;

(1) *Philosophical Magazine* t. XXXVIII, p. 396-409 ; Octobre 1894.

Digitized by Google

1° Au lieu de l'augmentation apparente de la résistance que montrent généralement les diélectriques, on observait une *diminution* de cette résistance ; l' « électrification » était donc négative ; sa valeur absolue déduite des déviations obtenues à la fin de la première et à la fin de la seconde minute pour une durée de charge de une minute augmentait avec le voltage de la pile de charge.

2° La résistance d'isolement réelle variait beaucoup avec la différence de potentiel de charge ; ainsi pour une des plaques, la résistance d'isolement passait de 4040 à 303 mégohms quand la différence de potentiel passait de 150 à 750 volts.

3° Les valeurs de cette résistance pour une même différence de potentiel n'étaient pas les mêmes suivant que cette différence était atteinte par des valeurs croissantes ou des valeurs décroissantes ; ainsi la résistance d'isolement de l'échantillon auquel se rapportent les valeurs indiquées précédemment, ne montait qn'à 1778 mégohms pour 150 volts quand ce voltage était atteint par valeurs décroissantes à partir de 750.

L'« électrification » négative ayant été observée avec tous les échantillons de celluloïd soumis à l'expérience, échantillons qui ne paraissaient pas avoir de défauts, l'auteur l'attribue à quelque complexe réarrangement moléculaire de la substance sous l'influence du courant.

Dans la seconde série d'essais, la plaque de celluloïd était placée verticalement et sur ses deux faces se trouvaient collés à la gutta-percha et en regard l'un de l'autre, deux anneaux d'ébonite de cinq pouces et demi de diamètre interne. Deux plaques de tôle étaient collées sur ces anneaux. On obtenait ainsi deux sortes de boîtes que l'on remplissait de mercure ; de cette façon, le contact de la celluloïde avec les armatures était beaucoup plus parfait qu'avec le premier dispositif.

Trois plaques de celluloïd ont été essayées dans ces conditions.

La première de 0,071 pouce d'épaisseur, ne présentait pas d' « électrification » ; les déviations galvanométriques étaient les mêmes à la fin de la première minute et à la fin de la seconde. La résistance d'isolement variait de 82,7 à 80,6 mégohms quand le voltage passait de 150 à 1200 volts ; elle repassait exactement par les mêmes valeurs quand le voltage passait de 1200 à 150 volts.

Les deux autres, de 0,006 pouce d'épaisseur, donnèrent des résultats semblables. L'une d'elles fut percée pour la différence de potentiel de 1200 volts sans cependant présenter rien de particulier dans sa courbe de variation de la résistance avec le voltage. L'autre ayant résisté à tous les essais, fut ensuite étudiée avec le premier dispositif ; elle présenta alors une « électrification » négative et sa courbe de variation de la résistance d'isolement pour les potentiels décroissants n'était plus la même que pour les potentiels croissants.

Ces derniers résultats montrent l'importance de la disposition expérimentale adoptée.

En observant avec soin le mouvement de la tâche lumineuse donnée par le miroir du galvanomètre, l'auteur a constaté qu'il paraissait plutôt dû à l'action sur l'aiguille d'une force presque constante qu'à celle d'une force impulsive. Ceci semble indiquer que la charge résiduelle du celluloïd est encore considérable après quelques secondes de décharge.

Les expériences faites avec le celluloïd montrèrent une autre particularité : quand on laissait le condensateur fermé sur le galvanomètre pendant longtemps, l'aiguille du galvanomètre, après avoir passé par le zéro, continuait à se mouvoir et finissait par s'arrêter dans une position correspondant à 5 divisions de l'échelle comptées dans le sens opposé au mouvement résultant de la décharge. Dans l'une des expériences, le celluloïd était chargé pendant 15 secondes avec le courant de vingt éléments de pile, puis était déchargé, non à travers le galvanomètre, mais à travers la clef de court circuit ; deux secondes après la clef de court circuit était ouverte et le courant de décharge lancé dans le galvano-

Digitized by Google

mètre. L'aiguille déviait alors de quelques divisions vers la droite puis après quelqus secondes, s'arrêtait à la cinquième division à gauche. Ce renversement au sens de la déviation se produisait, quel que soit le potentiel de charge ; il fallait seulement pour l'observer un temps d'autant plus long que le potentiel de charge était plus élevé. L'auteur l'attribue à l'existence d'une force électromotrice au contact du mercure et du celluloïd.

Gutta-percha. — Une feuille de gutta de 0,002 de pouce d'épaisseur était placée comme dans la dernière disposition décrite, entre deux armatures de mercure. Quatre séries de mesures de résistance d'isolement ont été faites sur cette feuille ; deux de ces séries s'effectuaient avec un voltage croissant, les deux autres avec un voltage décroissant. Elles ont montré que l' « électrification » est positive et que la résistance d'isolement augmente quand le potentiel de charge croit. En outre la résistance pour une même valeur du potentiel n'était pas la même suivant qu'elle était atteinte par des valeurs croissantes ou des valeurs décroissantes.

Ayant recouvert aussi bien que possible de limaille de laiton une des faces d'une bande de gutta de 1/4 de pouce d'épaisseur légèrement ramollie par la chaleur, l'auteur trouva que, pour une force électromotrice de charge de 750 volts, sa résistance d'isolement dépassait 600,000 mégohms. Si l'on essuyait cette plaque avec un linge humide, ou si simplement on projetait l'haleine contre elle, sa résistance d'isolement tombait à 5000 mégohms. Si l'on essuyait cette plaque avec un linge humide, ou si simplement on projetait l'haleine contre elle, sa résistance d'isolement tombait à 5000 mégohms.

Diélectriques sensitifs. — Des cylindres de 20 pouces de longueur, de 3/4 de pouce de diamètre étaient formés de gutta et de limaille de laiton bien mélangées. Les résistances entre leurs extrémités étaient mesurées. Ces mesures montrèrent que la résistance très élevée quand la proportion de limaille est faible, reste encore assez grande jusqu'à ce que le mélange contienne deux parties en poids de limaille pour une partie environ de gutta. Pour ces proportions il y a une sorte de point critique, car on trouve tantôt une très faible résistance pouvant s'abaisser à quelques ohms, tantôt une très grande résistance de plusieurs milliers de mégohms.

Quand on soumettait les cylindres à l'action de décharges oscillantes, leurs résistances changeaient ; de là le nom de diélectriques sensitifs donné aux mélanges qui les forment. La variation de résistance était en général de 10 o/o environ ; dans un cas cependant elle atteignit 45 o/o. Par un léger choc, les cylindres reprenaient leurs résistances primitives.

Quelques expériences furent faites avec des courants alternatif sur deux de ces cylindres et sur la bande de gutta recouverte de limaille dont il a déjà été question.

La bande commença à se rompre pour un courant alternatif de 900 volts ; avec un courant de 3000 volts on observait la formation de petits arcs locaux, les uns violets, les autres rouges ; l'intensité de ces arcs diminuait peu à peu, montrant ainsi une augmentation apparente de la résistance ; avec un courant de 5500 volts les mêmes phénomènes se produisaient. Après refroidissement de la plaque sa résistance d'isolement fut mesurée ; on trouvera qu'elle était excessivement grande comme avant ces expériences.

Les deux cylindres présentèrent des phénomènes analogues. Leurs résistances furent également mesurées après refroidissement. Pour l'un qui était formé de 2 parties de gutta et de 3 parties de limaille qui avait primitivement une résistance de 283,000 mégohms, on trouve 70,750 mégohms. Pour l'autre, formé de 1 partie de gutta et 2 de cuivre et qui présentait une résistance de 47,2 mégohms, on trouva 2020 mégohms. La résistance de l'un se trouvait donc diminuée, celle de l'autre considérablement augmentée par l'action du courant alternatif. J. B.

Digitized by Google

CHRONIQUE

Plusieurs sociétés ont mis au concours la solution de différentes questions scientifiques. Parmi elles, nous citerons particulièrement la Société industrielle de Mulhouse, qui propose pour l'exercice 1895 divers prix, dont certains intéressent tout particulièrement les électriciens.

Arts mécaniques. — Construction de bâtiments. — Une médaille d'honneur et 500 francs, pour le meilleur mémoire sur un mode de construction nouveau et avantageux de bâtiments appropriés à l'une des industries suivantes : filatures de coton ou de laine peignée, tissage, fabrique de toiles peintes.

Générateurs à vapeur. — Moteurs et transmission de mouvement. — Une médaille d'argent et 5,000 francs pour un moyen nouveau de déterminer la quantité d'eau entraînée par la vapeur hors des chaudières à vapeur.

Une médaille d'argent et 500 francs pour un mémoire accompagné d'un nombre suffisant d'expériences sur les dimensions à adopter pour les cheminées des chaudières à vapeur.

Une médaille d'argent et 500 francs pour de nouvelles recherches théoriques et pratiques sur le mouvement et le refroidissement de la vapeur d'eau dans les longues conduites.

En dehors de ces prix, la Société de Mulhouse met encore au concours dans la classe des arts mécaniques, tant pour les diverses sections que nous venons de passer en revue que pour celles du *tissage*, de *blanchiment*, *impression*, *teinture*, *apprêts*, de *distribution d'eau;* d'*électricité*, d'*éclairage au gaz* et d'*accidents de machines*, un grand nombre de prix consistant en médailles d'honneur d'argent ou de bronze.

Enfin dans les classes de l'Histoire naturelle et Agriculture, du Commerce, de l'Histoire, Statistique et Géographie, de l'Utilité publique, dans celle des Beaux-Arts, la Société met encore au concours un grand nombre de prix consistant essentiellement en médailles d'honneur et autres.

Aux divers concours ouverts par la Société industrielle de Mulhouse, les étrangers sont admis dans les mêmes conditions que les nationaux. Les mémoires, dessins, pièces justificatives doivent être adressés au secrétaire général de la Société à Mulhouse, le 31 mars 1895.

De son côté, la Société Industrielle d'Amiens propose des prix analogues pour les meilleurs mémoires sur les sujets suivants qui intéressent également les ingénieurs, les mécaniciens et les électriciens.

Médaille d'or. — Pour un générateur mécanique ou chimique d'électricité remplissant les meilleures conditions de rendement et d'économie.

Médaille d'or. — Pour un appareil propre à l'épuration des eaux servant à l'alimentation des chaudières à vapeur.

Cet appareil devra être peu coûteux, simple, peu encombrant et devra exiger peu de surveillance.

Médaille d'or. — Pour la meilleure installation d'éclairage électrique fonctionnant depuis un an au moins dans un établissement industriel. Cette installation devra être plus économique que le gaz.

Nota : On prendra pour point de comparaison le prix de revient dans un établissement industriel de 300 à 500 becs, fabriquant lui-même son gaz.

A la dernière réunion mensuelle de la Société Electrique de New-York, une discussion a été ouverte sur les différents modes d'exploitation des railways électriques.

L'opinion émise, quoique déjà connue, est que les systèmes à conducteurs souterrains sont plus coûteux d'établissement et plus difficiles à construire; dans la pensée d'un des ingénieurs présents, M. Pachs, l'entretien serait moins coûteux qu'avec les trolleys.

Un railway dans des conditions analogues à ceux de Buda Pesth et de Blackpool (Angleterre) va être mis en exploitation sur « Lenox avenue » par la Metropolitan Traction Company.

Tous les 10 mètres, un puisard sera creusé dans lequel seront placés les isolateurs constitués par des blocs de craie posés sur des coupes contenant de l'huile lourde. Ces isolateurs seront coiffés de chapeaux métalliques portant des bras qui recevront les conducteurs; ceux-ci sont en fer et ont une section en forme d'U. Un sabot de contact glisse dans la fente longitudinale, située au milieu de l'intervalle des rails et frotte contre les conducteurs. Le circuit est complet sans retour par la terre.

Digitized by Google

Le bras qui supporte le sabot amène le courant aux moteurs. Le régime est à 250 ou 300 V.

En comparant les prix d'établissement on estime de 190,000 à 200,000 francs le kilomètre à simple voie pour la traction par câble.

A 230,000 francs le kilomètre à simple voie pour les tramways à trolley.

Les cars dans les deux cas coutent 10 à 12 fois autant que le guip, soit une différence d'environ 5,000 francs par car.

Un décret du 18 août 1893 a déclaré d'utilité publique la construction à Dijon d'un réseau de tramways à traction mécanique : il a approuvé aussi la convention passée le 7 août 1893 entre le maire de Dijon et les fondateurs de la Compagnie des tramways électriques de Dijon pour la rétrocession de la concession.

Cette Société a pour objet la construction et l'exploitation d'un réseau de tramways à créer dans la ville de Dijon. Cette exploitation aura lieu soit par l'électricité, soit par un des systèmes mécaniques connus ou à découvrir ; elle pourra s'étendre au transport des bagages.

La durée de la Société est fixée à 61 ans à dater de sa constitution définitive.

Un essai de touage électrique des bateaux sur canaux suivant le système de M. de Bovet, a eu lieu dernièrement sur le cinquième bief du canal Saint-Denis. Voici les détails que donne à ce sujet un de nos confrères.

Un treuil mis en mouvement par un électromoteur série actionnait une poulie de touage à adhérence magnétique du système bien connu de M. de Bovet. L'ensemble enfermé dans une caisse en tôle était fixé à l'avant d'une péniche chargée de 300 tonnes. Une chaîne de 14 mm. placée au fond du canal venait s'enrouler sur la poulie toueuse. Cet enroulement pouvait atteindre 3/4 de tour. Mais les expériences ont démontré qu'un demi-tour suffisait amplement.

Une double ligne placée sur poteaux le long de la berge était mise en charge à 110 volts par une génératrice qu'actionnait une locomobile.

La prise de courant se faisait au moyen de deux petits chariots roulant sur les fils de ligne et reliés au treuil par un câble souple à deux conducteurs. Ce câble passait sur une poulie située à la partie supérieure du mât du bateau. Un rhéostat très simple permettait de régler l'allure du moteur électrique.

Les expériences, qui ont pleinement réussi, ont démontré qu'avec une dépense de 2,000 watts il était possible de traîner une péniche de 300 tonnes à la vitesse de 2,800 mètres à l'heure. Le démarrage se faisait sans à-coup et la vitesse de régime était rapidement atteinte. L'appareil permettait au bateau de gouverner avec la plus grande facilité. L'installation était faite par les soins de la Compagnie de Fives-Lille, qui avait fourni tout le matériel.

La National Telephone Company, de Londres, vient d'inaugurer un nouveau bureau central téléphonique dans Lime-Street. Cette Compagnie possède maintenant 30 bureaux dans Londres, dont dix se servent exclusivement de circuits entièrement métalliques. Les lignes à retour par la terre vont être transformées successivement en circuits doubles, le Parlement anglais ayant recommandé aux Compagnies téléphoniques de se protéger par ce moyen des courants terrestres.

Au nouveau bureau 2050 abonnés sont actuellement reliés, ainsi que 240 lignes de renvoi. Le bâtiment dispose de la place nécessaire pour étendre la capacité du bureau jusqu'à 7000 abonnés. Actuellement, il est disposé pour 3000 abonnés. Les commutateurs multiples sont du dernier type créé par la Western Electric Company, avec annonciateurs à relèvement automatique. On nous fait remarquer que ces commutateurs contiennent 73,540 spring jacks, avec plus de 500,000 soudures et plus de 1000 kilomètres de fils de connexion. Ce fait n'est pas le moins du monde un avantage, car il est, au contraire, essentiel pour l'entretien et la simplicité de l'installation que le nombre de jacks et de soudures soit aussi réduit que possible, et le type actuel du multiple est encore beaucoup à perfectionner à cet égard.

D'après un télégramme du Caire, la concession pour la construction d'un tramway électrique dans cette ville a été accordée à la Société belge des chemins de fer économiques. Mais celle-ci se trouve en butte aux réclamations d'un précédent concessionnaire, M. John Fell qui est en procès avec le gouvernement égyptien. On croit toutefois, que la Société belge restera chargée de l'exécution du projet.

Depuis le 1er octobre, le prix de l'énergie élec-

Digitized by Google

trique a été considérablement réduit à Aix-la-Chapelle, surtout pour les applications de jour. Pour l'éclairage, l'hectowatt-heure qui coûtait 10 centimes, ne revient plus au consommateur qu'à 8 3/4 centimes. Pour les moteurs électriques, on a réduit le prix de l'hectowatt-heure, précédemment de 3 3/4 centimes, à 2 1/4 centimes. Ajoutons que la station centrale remplace sans frais non seulement les lampes brûlées, mais encore celles dont la lumière a baissé dans une certaine mesure. Il est certain que ces conditions sont encourageantes pour le consommateur.

On affirme fréquemment que les préjugés qui s'opposaient en Orient à la pénétration de la civilisation occidentale s'évanouissent l'un après l'autre Il ne paraît pas encore en être ainsi pour la Turquie, où de forts préjugés règnent encore contre l'emploi de l'électricité. L'unique application importante dans ce pays est le télégraphe, et quoique de fortes sommes aient été offertes au gouvernement pour obtenir des concessions d'éclairage électrique ou de téléphonie, les autorités se sont toujours montrées opposées à ces demandes. On raconte que la population de Constantinople a assisté avec frayeur au jeu des projecteurs électriques des navires de guerre.

De nouvelles expériences faites aux Etats-Unis ont démontré une fois de plus que les projecteurs n'offrent pas toute sécurité dans la recherche des torpilleurs naviguant à fleur d'eau. La présence de ceux-ci n'a été révélée que par le bruit de leurs hélices, et on a trouvé que l'efficacité des projecteurs ne dépasse guère un rayon de 700 à 800 mètres. C'est à cette distance justement que les torpilleurs deviennent utiles, de sorte que les projecteurs formeraient un moyen de défense bien aléatoire.

Le nombre des tramways électriques augmente de jour en jour en Allemagne. Il est question en ce moment d'appliquer la traction électrique sur les lignes du tramway à chevaux de Bromberg. C'est la Société générale d'électricité de Berlin, qui est chargée d'opérer cette transformation.

D'autre part, la Compagnie d'électricité Union a acquis le tramway de Francfort à Eschersheim pour y introduire également la locomotion électrique d'après le système Thomson-Houston à fil aérien.

Dans une mine d'Allemagne on trouve une qualité de houille trop pauvre pour qu'il soit possible de la transporter au loin. On a trouvé à l'utiliser sur place, en créant sur le carreau de la mine une grande usine électro-chimique qui fabrique du chlore et de la soude par un procédé électrique.

Le docteur W. Bersch, de Vienne, a fait connaître récemment quelques détails sur le procédé Schollmayer d'électrolyse des jus sucrés.

L'installation en est très simple. Elle se compose de deux grands bacs garnis de fer blanc. Des électrodes en feuille de zinc sont suspendues dans chaque bac. Les 1re, 3e, 5e électrodes se trouvent reliées au pôle positif, les 2e, 4e, 6e électrodes au pôle négatif d'une dynamo. Le jus sortant du réchauffeur, arrive dans le bac, avec une température de 70 à 75° c. et est soumis à l'électrolyse pendant 8 à 10 minutes, électrolyse qui se fait avec un courant de 50 à 60 ampères, sous une différence de potentiel de 5 à 7 volts.

Le pôle négatif se couvre d'une couche gommeuse qui est de l'albumine presque pure, et à mesure qu'elle augmente, la résistance, électrique devient plus grande. Pour éviter cet inconvénient, on renverse le courant toutes les 2 ou 3 minutes, le dépôt se détache avec une grande facilité et l'intensité du courant se maintient constante.

L'effet utile de l'électrolyse se manifeste non seulement par l'élimination partielle du non-sucre inorganique et organique, mais aussi par une décoloration très marquée des jus verts. On remarque, en outre, que pour leur purification finale les jus électrolysés demandent une quantité de chaux beaucoup moindre que ceux travaillés par le procédé ordinaire. L'évaporation et la cuisson des jus électrolysés se fait très rapidement et avec une facilité remarquable.

A l'une des gares de Berlin fonctionne une station de charge pour les accumulateurs servant à l'éclairage électrique des wagons-poste. Cette

Digitized by Google

usine comprend deux moteurs à gaz Krupp respectivement de 20 et de 8 chevaux actionnant deux dynamos de puissance correspondante, la plus grande en service régulier l'autre en réserve. On peut charger simultanément 864 éléments répartis entre 27 circuits. La charge s'opère avec 6 ampères en 15 heures environ. Quatre boîtes de quatre éléments suffisent pour alimenter pendant 26 heures 6 lampes de douze bougies. Les grands fourgons de poste contiennent 8 boîtes pouvant alimenter 11 lampes pendant 32 heures. Il y a actuellement 445 voitures munies de l'éclairage électrique. Ce mode d'éclairage procure par voiture et par voyage de 24 heures une économie de 12,50 francs sur l'ancien éclairage au gaz.

M. C.-E.-L. Brown s'est récemment déclaré partisan du chemin de fer électrique monorail à voitures bicycles. C'est surtout au point de vue de la traction par accumulateurs que ce type de véhicules lui semble avantageux. Des paliers d'un genre particulier permettraient d'économiser 25 o/o de la puissance ordinaire.

On sait que la Compagnie du Baltimore and Ohio Railroad a adopté, pour le tunnel de la ligne de Belt, la traction électrique, afin d'éviter les inconvénients de la fumée des locomotives à vapeur. Les locomotives électriques qui vont circuler dans ce tunnel sont formées de deux trucks à deux essieux portant chacun un moteur de 300 chevaux. Ces moteurs, sans transmission intermédiaire entre leur arbre et l'essieu, reposent sur des ressorts que portent les trucks. Les essieux de la locomotive passent dans les arbres creux des armatures, qui tournent dans les paliers du châssis et sont reliés aux essieux par des accouplements universels, permettant le libre mouvement dans tous les sens.

Les commutateurs sont pourvus chacun de quatre paires de balais. La régulation à l'aide de commutateurs de couplage permet d'obtenir toutes les vitesses jusqu'à 60 kilomètres à l'heure environ.

Comme il n'y aura plus de fumée dans le tunnel les parois de celui-ci vont être peintes en blanc, et l'éclairage sera assuré par environ 2000 lampes à incandescence.

C'est M. Louis Duncan qui dirige cette installation.

On nous donne quelques renseignements sur le coût des ascenseurs électriques. Un ascenseur Otis fonctionnant dans une station centrale de Londres s'élève, en moyenne, à une hauteur de 12 mètres avec une charge de 100 kg. Le nombre de voyages effectués en une journée a été de 139, et l'énergie électrique absorbée a coûté 1.25 fr. à 0.50 fr. le kilowatt heure. Le prix de revient d'un voyage est donc de 0,85 centimes.

A Glasgow, un autre ascenseur Otis lève 500 kg. à 22,5 mètres de hauteur. Le prix de revient d'un voyage varie de 1,63 centimes, avec 4 voyageurs, à 2,6 centimes, avec 8 voyageurs, en comptant le kilowatt-heure à 50 centimes.

Par décision ministérielle du 15 novembre 1894, et comme conséquence de l'accident d'Appilly, la Compagnie du Nord a été invitée à hâter ses études relatives aux enclanchements électriques entre les leviers d'aiguilles et les signaux à distance des petites stations situées sur les lignes à grand trafic, et à en soumettre l'application à bref délai à l'approbation de l'administration supérieure.

Des financiers allemands ont formé une Compagnie ayant pour but d'établir une station centrale de distribution d'énergie électrique pour l'éclairage et la production de force motrice. La capacité de la station sera pour commencer de 12 000 lampes de 16 bougies, et des dispositions seront prises pour permettre d'étendre plus tard cette capacité jusqu'à 20 000 lampes.

Comme grandes villes de France non encore reliées au réseau téléphonique interurbain on peut citer Toulouse, Rennes, Caen, Boulogne-sur-Mer. Parmi les villes de province assez importantes il en reste encore un nombre assez considérable qui sont privées de réseaux téléphoniques urbains. Cet état de choses existe par exemple à Brest, Cherbourg, Clermont-Ferrand, Montauban, Poitiers, etc.

Le Gérant: L. DENNERY.

Imprimerie ALCAN-LEVY, 24, rue Chauchat, Paris

Digitized by Google

1re Année Samedi 8 Décembre 1894 N° 13

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITE

3, RUE RACINE, PARIS

Directeur P. H. LEDEBOER, Docteur ès-sciences

SOMMAIRE. — Pouvoir éclairant des projecteurs de la lumière électrique, V. Tchikoleff, R. Klasson et V. Turin. — Applications mécaniques de l'électricité, G. Richard. — Extraction de l'or par le cyanure, F. Andreoli. — L'école d'application du Laboratoire central d'électricité à Paris, G. Pellissier. — Extraits de la presse industrielle. — Communications : Les efforts de traction. — Four électrique, Chaplet. — Notes sur les tramways électriques aux Etats-Unis et au Canada, par M. H.-D. Wilkinson (suite). — Revue des Sociétés savantes et des publications scientifiques. — Société internationale des électriciens, séance du 5 décembre 1894. — Sur la température de l'arc électrique, par M. J. Violle. — Magnétisme de cylindres de fer creux et pleins, O. Grotian. — Note préliminaire sur le spectre de la décharge électrique dans l'oxygène, l'air et l'azote liquides, par Liveing et Dewar. — Variétés, Henri Hertz, C. Raveau. — Chronique,

POUVOIR ECLAIRANT

DES PROJECTEURS DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

DEUXIÈME PARTIE

La deuxième partie, de même que la première, est écrite par plusieurs personnes, pour les mêmes raisons exposées déjà dans la préface de la première partie. Les chapitres 1 et 4 sont rédigés par M. V.-N. Tchikoleff; les calculs dans le chapitre 2 ont été effectués, d'après l'idée générale de M. V.-N. Tchikoleff, par M. V. Turin, auquel appartient aussi l'exposé de la marche du travail ; la même observation s'applique au chapitre 3 et à M. B. Klasson.

Depuis la publication de la première partie de cet ouvrage a paru la brochure de M. Blondel, en langue française. « Théorie des projecteurs électriques », dans laquelle sont données des formules générales du pouvoir éclairant des projecteurs, ce qui manque dans notre ouvrage. Nous nous sommes abstenus de proposer de semblables formules, pour cette raison que toutes les tentatives dans cette voie ne conduisent qu'à des résultats absurdes, vu la complexité des phénomènes de l'arc voltaïque dans les projecteurs. M. Blondel n'a pas été gêné par cette circonstance ; et, quoiqu'il ait fait usage de formules et de méthodes plus compliquées, il arrive, lui aussi, dans les choses essentielles, après résultats, non seulement non applicables aux propriétés pratiques des projecteurs, mais directement en contradiction avec la réalité. Ses données fondamentales s'appliquent à des sources de lumière et à des projecteurs qui n'ont jamais existé dans la pratique, qui n'existent pas et qui probablement n'existeront jamais.

Si l'on prend les phénomènes réels de l'arc voltaïque au foyer du projecteur, la lampe étant placée horizontalement ou obliquement, la méthode de caractéristique prouve directement le contraire de ce que donnent les formules fondamentales de M. Blondel (1).

Il suffit de rappeler la démonstration de M. Blondel, que l'intensité de l'éclairage du but ne dépend pas de la distance focale du réflecteur ; or, nous verrons plus loin qu'il y a une relation étroite entre l'une et l'autre. Il est vrai que M. Blondel dit que sa proposition s'applique à des sources de lumière ne portant

(1) Voir la note à la fin de l'article.

Digitized by Google

pas d'ombre sur le projecteur et qui, faut-il ajouter, envoient des quantités uniformes de lumière dans toutes les directions vers le projecteur : mais où se procurer de pareilles sources de lumière, et quand et où ont elles été appliquées aux projecteurs ? Avec l'arc voltaïque, la lampe étant horizontale ou oblique, une partie du réflecteur reçoit toujours l'ombre portée par le chabon négatif et l'intensité de la lumière est très différente suivant les différentes directions.

De même que dans la première partie, nous avons toujours eu en vue dans cette deuxième partie, des lampes à charbons horizontaux. La raison en est dans les considérations suivantes : pour des réflecteurs paraboliques ou leurs analogues avec de courtes distances focales, la position horizontale est indiscutablement plus avantageuse selon l'opinion et les expériences de toutes les maisons connues qui construisent ces projecteurs.

Pour des projecteurs Mangin, à distances focales relativement longues, on employait jusqu'à ce jour des lampes à charbons inclinés, mais des mesures photométriques (voir « Le Journal d'artillerie » 1893, n°...) ont prouvé que les lampes horizontales sont plus avantageuses même pour ce genre de projecteurs. Non seulement la maison Sautter, Harlé et C° (constructeurs du projecteur Mangin) n'a pas nié l'exactitude de ces résultats, mais le ministère de la marine, en France, a dernièrement commandé à la maison Bréguet des lampes horizontales (100 exemplaires environ) pour tous les projecteurs Mangin de 60 cm.

CHAPITRE I

De la visibilité pendant la nuit des objets éclairés par les projecteurs de lumière électrique.

Cette visibilité dépend des facteurs suivants que nous citons dans l'ordre de leur importance :

(1) De la puissance lumineuse avec laquelle le projecteur éclaire les objets et des qualités spéciales de son faisceau, c'est-à-dire de la distribution de la lumière dans ce dernier.

(2) De l'éloignement du projecteur et des observateurs par rapport à l'objet éclairé.

(3) De la transparence de l'atmosphère.

(4) Des propriétés des objets éclairés, et principalement de la quantité de lumière qu'ils réfléchissent dans la direction de l'observateur.

(5) Des positions relatives du faisceau lumineux, des objets éclairés et des observateurs ; principalement de l'angle formé par l'axe du faisceau et le rayon visuel de l'observateur.

(6) De l'habileté de celui qui dirige le faisceau lumineux et, particulièrement, de la dextérité et de l'expérience de la personne qui est chargée du service de l'éclairage en général.

(7) Du système et des procédés de direction du faisceau par les observateurs.

Ainsi, en dehors de la qualité des projecteurs, un rôle important est joué par toute une série de circonstances, qui, dans les expériences et dans les essais, sont prises en considération dans une mesure très variable.

C'est pourquoi, il est nécessaire de n'accepter qu'avec beaucoup de réserves et de critique les résultats des expériences, même de celles ayant un caractère officiel. Nous en avons un exemple palpable dans les deux articles, publiés dans le *Journal d'Artillerie*, sur les essais faits, en Autriche et en Turquie, avec les projecteurs Schuckert et Mangin, qui ont donné des résultats opposés : dans l'un des cas les palmes appartiennent aux projecteurs Mangin, dans l'autre à ceux de Schuckert. En réalité, comme nous l'avons expliqué dans les deux préfaces, ni les unes, ni les autres de ces expériences ne permettent de tirer des conclusions définitives.

On a employé dans notre artillerie russe, jusqu'en 1880, des projecteurs catadioptriques (dans le genre du système optique des phares de Fresnel) ; mais, depuis 1880, on a employé les projecteurs Mangin de 90 cm. de diamètre pour les forteresses et ceux de 60 cm. pour les parcs de siège (en campagne).

Digitized by Google

En 1886 on construisit quelques projecteurs à réflecteurs sphériques, en verre bombé de 94 cm., qui ne présentèrent pas une bien grande supériorité sur ceux de Mangin; depuis 1889, on a commencé à installer dans les forts des projecteurs paraboliques en verre de Schuckert de 94 cm., dont les avantages, comparativement à ceux du colonel Mangin, furent établis par des expériences très soignées à l'usine des canons et au grand Polygone de l'artillerie. Depuis 1893, on a introduit, à l'usage des parcs de campagne, le réflecteur *Bréguet* de 60 cm., qui est presque deux fois plus léger, un peu plus puissant et meilleur marché que le projecteur Mangin, ayant le même diamètre.

Enfin, depuis 1893 la maison *Bréguet* commença la construction des projecteurs paraboliques en verre.

Les avantages des réflecteurs paraboliques en verre comparativement aux miroirs de Mangin de mêmes dimensions furent établis : *a*) au moyen des photographies simultanées des projections des faisceaux lumineux sur des écrans blancs; l'expérience montra que le faisceau provenant du réflecteur parabolique avait une plus grande force éclairante et embrassait un angle plus grand (comme le prouvent les photographies 16 et 17); *b*) en éclairant des mires différents jusqu'à 6,000 mètres au Polygone principal; l'expérience montra que, l'air étant très transparent, tous les objets visibles avec l'un des projecteurs, l'étaient aussi avec l'autre; seulement, l'éclairage par les réflecteurs paraboliques fut beaucoup plus fort, au moins aux distances de 2,000-2,100 mètres; et, l'angle embrassé par le faisceau étant plus considérable, il fut plus facile avec les réflecteurs paraboliques de retrouver les objets, de s'orienter sur l'endroit et de voir plusieurs objets à la fois, tandis qu'avec les miroirs de Mangin, chaque objet devait être éclairé séparément.

Récemment, le département d'artillerie a acquis et essayé au Polygone principal le réflecteur parabolique de Schuckert de 1, 5 mètres de diamètres; les expériences photographiques (voir plus loin les photographies 18 et 19), ainsi que les essais d'éclairage au Polygone principal montrèrent son avantage considérable sur celui de 94 cm. de diamètre, par rapport à l'intensité d'éclairage et au degré de visibilité aux distances ne dépassant pas 3,000 mètres; quant aux distances limites de visibilité des objets éclairés, elles doivent être déterminées par de nouvelles expériences qui seront faites bientôt à Cronstadt.

On possède les renseignements suivants sur la portée de l'éclairage au moyen des projecteurs de 90 cm. environ : les grands édifices blancs sont visibles à la distance de 9 kilomètres à partir du projecteur et de l'observateur qui se trouve près du projecteur. A Cronstadt, au beau temps, on voit la phare de Tolboukhine, du port Constantin.

On voit les grands vaisseaux (croiseurs, cuirassés, grands bateaux à vapeur), aux distances ne dépassant pas 6000 mètres, on retrouve surtout facilement les bateaux à voile ou ceux qui font sortir par leur cheminée, de la vapeur ou de la fumée.

Il est difficile d'apercevoir les bateaux noirs ou peints en couleur de brique à la distance de 5000 mètres ou même de 4000 mètres environ.

Des chaloupes à vapeur ou des torpilleurs sont aperçus à une distance de 3000 mètres, mais, une fois saisis par le faisceau lumineux on peut les suivre un peu plus loin; il est facile aussi de découvrir les chaloupes qui lâchent de la vapeur par la cheminée, à une distance supérieure à 3000 mètres.

On arrive à voir les petits bateaux à rames à une distance de 2000 mètres, et si la mer est calme, à une distance un peu plus grande. On a fait des expériences dans lesquelles des chaloupes noires avec un personnel vêtu de noir, et ayant les figures noircies au noir de fumée s'approchaient de points déterminés vers les ports : on les découvrait à une distance de 1200-1600 mètres environ, surtout à cause de l'éclat des rames mouillées dans l'air.

Digitized by Google

On réussissait quelquefois à distinguer, au moyen de jumelles spéciales, les personnes elles-mêmes à une distance de 3200 mètres ; à une distance de 2000 mètres on arrive à les voir assez bien même lorsque l'air n'est pas suffisamment transparent.

Toutes ces données supposent la plus grande transparence de l'air et se rapportent presque également aux projecteurs de Mangin aussi bien qu'aux réflecteurs paraboliques, la différence ayant été indiquée plus haut.

Avec les projecteurs de 60 centimètres, la visibilité diminue de 10-15 o/o par rapport à la distance, et d'une quantité un peu plus grande par rapport à la netteté et à la clarté des objets visibles.

Quant aux couleurs des objets, il faut remarquer, en général, qu'on ne les distingue qu'à une distance de 2000-2400 mètres. On voit le mieux, les couleurs blanches, viennent ensuite; les couleurs gris-clair, bleu, vert, jaune, rouge.

Le rouge foncé ainsi que le marron rougeâtre sont aussi difficiles à voir que le noir.

CHAPITRE II

Solution de quelques problèmes pratiques concernant l'éclairage par les projecteurs électriques.

Dans la pratique de l'éclairage de nuit au moyen des plus grands projecteurs, les observateurs militaires sont ordinairement satisfaits lorsque la distance ne dépasse pas 2000 mètres, et ils s'expriment souvent sur la nécessité d'augmenter l'intensité de l'éclairage pour leur permettre de voir les objets à une distance de 4000 mètres ou au moins de 3000 mètres avec la même netteté qu'on atteint maintenant à la distance de 2000 mètres. Nous laissons ici de côté le concours des lunettes ou des jumelles.

Pour arriver à ce but, on propose d'augmenter le plus souvent l'Intensité du courant et rarement les dimensions des projecteurs, Nous allons voir, dans quelle mesure sont réalisables de pareilles prétentions avec l'arc voltaïque, c'est-à-dire avec la plus intense, et ce qui est plus important, la plus concentrée de toutes les sources lumineuses.

Nous avons indiqué dans la première partie de notre travail, la méthode au moyen de laquelle on peut résoudre les différents problèmes pratiques concernant l'éclairage par les projecteurs, et nous allons maintenant l'appliquer sans répéter ici les propositions et les résultats de la première partie.

I

Nous allons analyser ce qui arrivera si *en conservant le même angle d'ouverture, c'est-à-dire l'angle sous lequel du foyer on voit le diamètre du projecteur ou le même angle solide sous lequel du foyer on voit sa circonférence*, nous augmenterons et la distance focale et le diamètre du projecteur n fois, et si en même temps nous augmentons l'intensité du courant de telle sorte que le diamètre de la cavité du charbon positif devienne aussi n fois plus grand, et sa surface, par conséquent, n^2 fois plus grande. Nous admettrons 1) que l'intensité de la lumière, sous un angle donné que le rayon forme avec l'axe, est proportionnelle à la surface de la cavité 2) que cette surface est proportionnelle à l'intensité du courant, ce qui est exact dans certaines limites.

De sorte que si, comme nous l'avons supposé, le diamètre de la cavité a augmenté n fois, et, par conséquent, sa surface n^2 fois, l'intensité du courant a dû être augmentée pour cela n^2 fois et l'intensité de la lumière a augmenté aussi dans toutes les directions, n^2 fois.

II

Le second problème, que nous analyserons, sera le suivant : Trouver quelle doit être la valeur de n, dont nous venons de parler, pour que l'objet, qui se trouve dans l'axe du faisceau, c'est-à-dire dans la partie qui possède le plus grand pouvoir éclairant, ait à une distance A_1 kilomètres la même visibilité que celle qu'il avait primitivement, à une distance A kilomètres lorsque n était égal à 1.

Digitized by Google

III

Calculons n lorsque $A = 2$ et $A_1 = 3$, et $A = 2$, $A_1 = 4$, autrement dit cherchons de combien il faut augmenter le diamètre du projecteur, sa distance focale et l'intensité du courant pour que la visibilité de l'objet placé à 3000 et 4000 mètres (environ) du projecteur soit, pour un observateur se trouvant près de ce dernier, la même que ce qu'elle était avant l'augmentation de n à une distance de 2000 mètres.

Occupons-nous du premier problème mais, pour plus de commodité, ne tenons d'abord pas compte de l'absorption de la lumière par l'atmosphère; nous corrigerons plus tard les résultats obtenus.

Imaginons, comme nous l'avons fait dans la première partie, que l'écran est placé à A kilomètres du projecteur et considérons un nombre infini de cônes lumineux ayant leurs sommets aux différents points du projecteur et produits, chacun par la réflexion des rayons tombant sur ces points du projecteur et issus tous de la cavité du charbon positif de la lampe.

En augmentant n fois toutes les dimensions linéaires et entre autres la distance A de l'objet au projecteur, ainsi que le diamètre de la cavité, les angles conservent les mêmes valeurs : les angles aux sommets de nos cônes restent donc les mêmes ; en outre, conformément aux hypothèses que nous avons faites au commencement, l'intensité de la lumière augmente n^2 fois dans toutes les directions ; la distribution de la lumière sur les différents cercles (correspondant aux ouvertures de 10′, 20′ etc...) de notre écran (qui se trouve maintenant à une distance de nA kilomètres) reste la même, comme il est facile de s'en convaincre, après une courte réflexion. Les surfaces de tous ces cercles ont augmenté n^2 fois, mais la quantité de lumière a aussi augmenté n^2 fois (voir plus haut).

De sorte que l'*intensité d'éclairage de la partie centrale de l'écran reste aussi la même.*

Ceci, à la distance de nA kilomètres ; donc, à la distance A_1 l'intensité d'éclairage d'un cercle correspondant à la même ouverture sera multipliée par

$$\left(\frac{nA}{A_1}\right)^2 = n^2 \left(\frac{A}{A_1}\right)^2.$$

Si nous tenons compte maintenant de l'absorption de la lumière, la quantité trouvée doit être multipliée par un certain nombre plus petit que 1 et égal, dans les conditions les plus favorables à

$$0{,}976^{A_1 - A},$$

où $A_1 - A$ est l'augmentation de l'épaisseur de la couche d'air, que la lumière du projecteur aura à traverser.

Nous avons ainsi trouvé que : en augmentant n fois la distance focale et le diamètre du projecteur et en augmentant en même temps n^2 fois l'intensité du courant, les intensités d'éclairage du cercle central et des « anneaux » de l'écran placé à la distance de A_1 kilomètres seront égales aux intensités primitives correspondant à $n = 1$ et à la distance A, multipliées par l'expression

$$n^2 \left(\frac{A}{A_1}\right)^2 . 0{,}976^{A_1 - A}.$$

Cela aura lieu, en supposant la plus grande transparence possible de l'air, dont se rapproche beaucoup celle qui s'est présentée dans les expériences de M. Rey sur la montagne Hamilton, en Amérique.

Mais si la transparence de l'atmosphère est égale à celle qui s'est présentée dans les expériences de M. Rey, à Paris, le facteur $0{,}97^{A_1 - A}$ devra être remplacé par $0{,}6^{A_1 - A}$ et notre expression deviendra égale à

$$n^2 \left(\frac{A}{A_1}\right)^2 . 0{,}6^{A_1 - A}$$

Pour trouver la valeur de n pour laquelle l'intensité d'éclairage du cercle central et des anneaux à la distance A_1 est la même que celle à la distance A pour $n = 1$, on n'a qu'à égaler à 1 l'expression

$$n^2 \left(\frac{A}{A_1}\right)^2 . 0{,}976^{A_1 - A}$$

Digitized by Google

si l'atmosphère est bien transparente ou l'expression

$$n^2 \left(\frac{A}{A_1}\right)^2 . \; 0{,}6^{\,A_1 - A}$$

si la transparence de l'atmosphère est à peu près égale à celle qui avait lieu dans les expériences de M. Rey, à Paris et résoudre l'une des équations par rapport à n :

$$n^2 \left(\frac{A}{A_1}\right)^2 0{,}976^{\,A_1 - A} = 1$$

ou

$$n^2 \left(\frac{A}{A_1}\right)^2 0{,}6^{\,A_1 - A} = 1$$

d'où :

$$n = \frac{A_1}{A} \cdot \frac{1}{0{,}976^{\,1/2\,(A_1 - A)}}$$

ou

$$n = \frac{A_1}{A} \cdot \frac{1}{0{,}6^{\,1/2\,(A_1 - A)}}$$

Déterminons n et n^2, pour les deux états de transparence, et pour $A = 2$, $A_1 = 3$, ainsi que pour $A = 2$, $A_1 = 4$.

Nous ne donnerons pas, bien entendu, tous les calculs, mais seulement les résultats.

Pour la plus grande transparence :

$A_1 = 3$	$n = 1{,}518$	$n^2 = 2{,}305$
$A_1 = 4$	$n = 2{,}049$	$n^2 = 4{,}2$

Pour la plus faible transparence :

$A_1 = 3$	$n = 1{,}936$	$n^2 = 3{,}75$
$A_1 = 4$	$n = 3{,}333$	$n^2 = 11{,}111$

Si notre réflecteur a pour diamètre = 940 mm, pour distance focale = 310 mm., l'intensité du courant étant égale à 90 ampères, ces grandeurs deviendront dans les cas indiqués les suivantes :

$940 \times 1{,}518 = 1426{,}92^{mm}$	$940 \times 1{,}936 = 1819{,}84^{mm}$
$310 \times 1{,}518 = 470{,}58^{mm}$	$310 \times 1{,}936 = 600{,}16^{mm}$
$90 \times 2{,}305 = 207{,}45$ amp.	$90 \times 3{,}75 = 337{,}5$ amp.
$940 \times 2{,}049 = 1926{,}06^{mm}$	$940 \times 3{,}333 = 3133{,}333^{mm}$
$310 \times 2{,}049 = 635{,}19^{mm}$	$310 \times 3{,}333 = 1033{,}333^{mm}$
$90 \times 4{,}2 = 378{,}00$ amp.	$90 \times 11{,}111 = 1000{,}000$ amp.

(Le tableau de gauche se rapporte au cas de la plus grande, et le tableau de droite à celui de la plus petite transparence de l'air).

Occupons-nous maintenant de la solution du second problème.

En admettant, comme nous l'avons fait dans la première partie, que la visibilité de l'objet donné, toutes les conditions restant égales, est proportionnelle à l'éclat de son image sur la rétine de l'œil et aux dimensions linéaires de cette image et, par conséquent, inversement proportionnelle à la distance de l'œil, et en remarquant que si l'objet passe de la distance A à la distance A_1, la lumière dans sa marche du projecteur à l'objet et de l'objet à l'observateur — qui est supposé placé près du projecteur — aura à traverser un accroissement de la couche atmosphérique égal à $2 (A_1 - A)$ kilomètres, nous trouverons que :

La distance focale et le diamètre du projecteur étant augmentés n fois, l'intensité du courant étant augmentée n^2 fois, la visibilité de l'objet placé à l'intérieur du « cercle central » à la distance A_1 du projecteur et de l'observateur supposé tout près du projecteur, sera égale à sa visibilité primitive, correspondante à la distance A et à $n = 1$, multipliée — en supposant l'atmosphère transparente — par l'expression :

$$\left[n^2 \left(\frac{A}{\;}\right)^2\right] \left(\frac{A}{A_1}\right) \left\{0{,}976^{\,2\,(A_1 - A)}\right\}$$

(Le premier facteur placé entre parenthèses carrées est dû à la diminution de l'éclairage du cercle central qui aurait lieu indépendamment de l'absorption de la lumière par l'atmosphère ; le second facteur provient de la diminution de l'image de l'objet sur la rétine de l'œil et, enfin, le troisième est dû à l'absorption de la lumière par l'atmosphère), c'est-à-dire par l'expression

$$n \left(\frac{A}{A_1}\right)^2 0{,}976^{\,2\,(A_1 - A)}$$

Le facteur $0{,}976^{2\,(A_1 - A)}$ ne sera employé, nous le répétons, que lorsque l'atmosphère sera très transparente ; mais, si l'atmosphère a un degré de transparence égal à celui des expériences de M. Rey à Paris, ce facteur devra être remplacé par $0{,}6^{2\,(A_1 - A)}$ et l'expression citée plus haut deviendra :

$$n^2 \left(\frac{A}{A_1}\right)^2 . \; 0{,}6^{\,2\,(A_1 - A)}$$

Digitized by Google

Il est maintenant facile de résoudre le problème II ; on n'a qu'à égaler à 1 l'expression

$$n^2 \left(\frac{A}{A_1}\right)^2 . 0{,}976^{2(A_1 - A)}$$

ou l'expression

$$n^2 \left(\frac{A}{A_1}\right)^2 . 0{,}6^{2(A_1 - A)}$$

et résoudre l'équation par rapport à n. Nous obtenons ainsi

$$n = \left(\frac{A_1}{A}\right)^{2/2} 0{,}976^{-(A_1 - A)} \qquad (I)$$

ou

$$n = \left(\frac{A_1}{A}\right)^{2/2} 0{,}6^{-(A_1 - A)} \qquad (II)$$

Nous aurons donc à calculer les expressions

$$n = \left(\frac{3}{2}\right)^{2/2} . 0{,}976^{-1} \quad \text{et}$$
$$n = \left(\frac{4}{2}\right)^{2/2} . 0{,}976^{-2} \qquad (III)$$

ou

$$n = \left(\frac{3}{2}\right)^{2/2} . 0{,}6^{-1} \quad \text{et}$$
$$n = \left(\frac{4}{2}\right)^{2/2} . 0{,}6^{-2} \qquad (IV)$$

Sans indiquer les calculs, nous ne citerons que les résultats ; on trouve pour les 4 cas les valeurs suivantes de n :

$$n = 1{,}88 ; \quad 2{,}97 ; \quad 3{,}06 ; \quad 7{,}86$$

et les valeurs suivantes de n^2, c'est-à-dire du nombre qui indique combien de fois doit être augmentée l'intensité du courant. (Voir plus haut) :

$$n^2 = 3{,}54 ; \quad 8{,}82 ; \quad 9{,}38 ; \quad 61{,}73 ;$$

Expliquons maintenant la signification pratique de ces résultats et de ces chiffres.

Le plus puissant projecteur électrique que nous possédons actuellement, c'est le réflecteur parabolique en verre de Schuckert, ayant 940 mm environ de diamètre. Cette maison fabrique actuellement des réflecteur de 1500 mm. de diamètre et 310 mm. de distance focale et où nous employons un arc voltaïque produit par une intensité de courant de 90 à 100 ampères.

Avec cet appareil nous apercevons bien des objets, pas trop grands, à une distance de 2000 mètres environ.

Demandons-nous combien il faut augmenter le diamètre et la distance focale du projecteur, ainsi que l'intensité du courant, pour que *a*) l'intensité d'éclairage de pareils objets soit à la distance de 3000 mètres et à celle de 4000 mètres la même qu'elle est maintenant à 2000 mètres, et *b*) la visibilité de ces objets à ces distances de 3000 mètres et 4000 mètres soit la même que celle obtenue actuellement à 3000 mètres ?

Les solutions calculées au moyen des nombres cités plus haut, sont exposées dans le tableau suivant, (page 584).

Un coup d'œil sur ce tableau montre combien sont irréalisables les rêves que l'on peut faire d'augmenter la visibilité des objets à fortes distances.

En admettant même que ces techniciens arrivent, dans un avenir peu éloigné, à construire des réflecteurs gigantesques de 7 mètres de diamètre, ceux-ci, sans parler de leur prix énorme, deviendraient un point de mire extraordinaire pour les obus de l'ennemi ; serait-il d'ailleurs admissible que, pour alimenter l'arc voltaïque de chaque projecteur, on dépensât des centaines de chevaux-vapeur ou que l'on employât des dimensions colossales ?

On pourrait nous objecter qu'en nous fixant un angle déterminé d'ouverture, nous nous gênons nous-même ; qu'il n'y a qu'à diminuer la distance focale et qu'alors, avec l'augmentation de l'ouverture, nous obtiendrons une plus forte puissance d'éclairage de la partie centrale du faisceau, toutes les autres conditions supposées égales.

Mais à ceci s'opposent deux obstacles : 1° on ne peut pas sans danger approcher du projecteur en verre en deça d'une certaine limite un arc voltaïque d'une intensité de courant déterminée ; par exemple, lorsque l'intensité est de 100 ampères, la cavité du charbon positif ne doit pas être approchée plus près qu'à 300 mm., et, lorsque l'intensité du courant devient n^2 fois plus grande, la distance ne doit pas être réduite au-dessous de $n \times$ 300 mm., ce que nous avons observé dans la

Digitized by Google

Diamètre, distance focale du projecteur, intensité du courant nécessaire et force motrice des appareils actuellement employés pour l'éclairage électrique.	POUR ÉCLAIRER				POUR VOIR			
	A la distance de 3,000 m avec la même intensité que celle obtenue actuellement à la distance de 2,000 m.		A 4,000 mètres dans les mêmes conditions.		A la distance de 3,000 m. aussi bien que nous voyons actuellement à 2,000 m.		A 4,000 mètres, mêmes conditions.	
	Avec la plus grande transparence de l'air (0,976)	Avec une médiocre transparence de l'air (0,6)	Avec la plus grande transparence de l'air	Avec une médiocre transparence de l'air	Avec la plus grande transparence de l'air	Avec une médiocre transparence de l'air	Avec la plus grande transparence de l'air	Avec une médiocre transparence de l'air
	il faut:	il faut:	il faut:	il faut:	il faut:	il faut:	il faut:	il faut:
Le diamètre du projecteur est 940 mm.....	1427 mm	1926 mm	1820 mm	3133 mm	1767 mm	2876 mm	2792 mm	7338 mm
La distance focale est de 310 millimètres ..	470 mm	635 mm	600 mm	1033 mm	582 mm	948 mm	910 mm	2436 mm
L'intensité du courant — 90 ampères	207 amp.	378 amp.	337 amp.	1000 amp.	318 amp.	814 amp.	794 amp.	5553 amp.
L'arc voltaïque absorbe 12 chevaux-vapeur..	27	50	45	133	42	112	106	740

REMARQUE : Tous les nombres concernant l'intensité d'éclairage sont exacts ; ceux de la visibilité sont approximatifs.

solution de nos problèmes ; 2° nous avons montré dans la première partie que, lorsqu'on diminue la distance focale, le pouvoir éclairant d'une petite partie centrale du faisceau augmente un peu, mais le diamètre maximum d'éclairage du faisceaux diminue, en même temps qu'augmente la diffusion nuisible des rayons lumineux du faisceau ; nous analyserons dans le troisième chapitre cette question.

Nous espérons que nos résultats numériques arrêteront les rêves stériles d'augmenter l'éclairage des projecteurs en augmentant leurs dimensions et l'intensité du courant ; que l'attention des personnes qui s'intéressent à utiliser le mieux possible l'éclairage de nuit par projecteurs se dirigera sur les autres éléments du succès, en particulier sur la bonne préparation pratique et rationnelle des personnes appelées à diriger et à manier ces appareils ; sur l'apprentissage des observateurs que l'on habituera à distinguer des objets faiblement et incomplètement éclairés, etc.

En un mot, il faut faire tout le possible pour retirer la plus grande utilité des appareils qui par leur dimensions et par leur pouvoir ne dépassent pas considérablement ceux qui sont actuellement adoptés (1).

(A suivre)

W. TCHIKOLEFF, R. KLASSON et W. TURIN.

(1) Conformément à un usage constant de cette Revue, les passages ci-dessus a été communiqués à l'auteur attaqué. M. Blondel nous a transmis en réponse la note suivante que notre impartialité nous fait un devoir d'insérer, sans préjudice d'une discussion plus complète s'il y a lieu.

N. D. L. R.

Les critiques un peu vives que m'adressent MM. Tchikoleff, Turin et Klasson en guise de préface à leur nouveau travail, me font craindre qu'ils n'aient pas étudié peut-être avec une attention suffisante, non seulement ma théorie mais encore les publications plus récentes d'autres auteurs.

Ils n'émettraient probablement pas une opinion aussi absolue, s'ils avaient lu par exemple l'intéressant article où M. Nerz, le savant ingénieur en chef

Digitized by Google

APPLICATIONS MÉCANIQUES DE L'ELECTRICITÉ

Le contrôleur électrique de MM. Canet et Hillairet a pour but, comme son nom l'indique, de commander ou contrôler à distance les mouvements des manœuvres de grues, canons, treuils, ponts roulants, etc., actionnés par l'électricité.

L'appareil comprend, (fig. 1 à 5), enfermées dans une enveloppe métallique et manœuvrées par un arbre 1 à manette 2, les parties principales suivantes :

1° *Un commutateur d'arrêt* composé de quatre contacts, 15, 16, 17, 18 (fig. 2) monté sur un isolant 13, avec bras 14, calé sur l'arbre 1.

Le contact 18, diamétralement opposé à 15, est un contact neutre, rompant le circuit en dérivation quand la manette 2 est au zéro. Les contacts 16 et 17, à droite et à gauche de 18, sont reliés respectivement aux butées de droite 16_a et de gauche 17_a (fig. 5) du bras 2, par les électro-aimants 31 et 32 de l'embrayage électro-magnétique 34.

2° *Un commutateur inverseur* analogue au commutateur d'arrêt, composé, (fig. 5), d'un contact mobile 19, calé sur l'arbre 1, et de six touches fixes, 20, 21, 22, 23, 24, 25, dont deux, 20 et 21, en communication constante avec les bornes d'entrée du circuit moteur, deux autres : 23 et 24, reliées aux balais du moteur M, l'une directement, et l'autre, 23, par l'intermédiaire du rhéostat : enfin, les deux dernières, 22 et 25, sont isolées, et correspondent au zéro du bras 2. Dans toutes ses positions, le bras 19 est toujours en contact avec les touches 23 et 24, qu'il relie alternativement à l'un ou l'autre des balais de M, suivant qu'on les déplace à droite ou à gauche, en renversant ainsi la marche de ce moteur.

3° *Deux secteurs de transmission* 26 et 27, composés (fig. 4) de secteurs dentés en bronze : l'un, 26, calé sur l'arbre 1, et l'autre, 27, calé sur l'arbre horizontal 28, qui se trouve ainsi commandé par la manette 2. Cet arbre, qui tourne dans les portées 29 et 30 des montants 4, porte deux électro-aimants 31, 32, et la double armature 33, 34 de l'embrayage électro-magnétique.

4° *L'embrayage electro-magnétique* a ses deux électros 31, 32 correspondant aux deux sens de la rotation du moteur M, enfermés dans des enveloppes cylindriques 31, 32 folles sur l'arbre 38, et leurs enroulements sont renfermés dans l'espace annulaire réservé entre leurs noyaux et ces enveloppes. Chacune de ces enveloppes porte un secteur denté en bronze 35 et 36, et chacune des armatures 33, 34, rainurées en 37 sur l'arbre 28 porte (fig. 4) une dent 38, qui, au commencement de l'opération, s'engage dans l'encoche 39 de l'enve-

---

de la maison Schückert a déclaré que ma théorie était d'accord avec la sienne et avec les expériences de cette maison (*Electrotechnische Zeitschrift*, 1894, Heft 27, p. 365, dernières lignes de la 3e colonne.) Je signale en particulier à l'examen de MM. Tchikoleff, Turin et Klasson dans cet article (page 367) le tableau des données expérimentales des projecteurs paraboliques où ils pourront voir trois miroirs de 0^m900 d'ouverture, mais de 310, 380 et 420 mm. de longueurs focales, produire à la distance de 2.000 m. *tous trois le même éclairement*, 12,5 bougies-mètre.

Peut-être cela les convaincra-t-il que les appareils auxquels s'appliquent mes formules, et qui, d'après eux « ne pourront jamais exister », existeraient dès à présent à Nuremberg. En tout cas, cela leur montrera qu'il eût été nécessaire de contredire les chiffres du tableau auquel je fais allusion avant de juger aussi sommairement la théorie que celui-ci justifie d'une manière parfaite.

De même quand ils me reprochent d'avoir raisonné sur un cratère circulaire sans occultation (bien que j'aie d'ailleurs consacré tout un paragraphe à l'étude de l'occultation), MM. Tchikoleff et Turin oublient sans doute qu'au début même de leurs propres calculs (*L'Eclairage électrique*, n° 2 p. 64, 2e col., 6e ligne en remontant) *ils ont fait exactement la même hypothèse*, en admettant que la section du faisceau produit par un point du miroir est une *ellipse entière*, et que cette hypothèse constitue précisément la base même de toute leur théorie !

Ces deux simples constatations me dispensent, je crois, quant à présent, de plus longs commentaires, et j'attends les faits que MM. Tchicoleff, Turin et Klasson feront, j'espère, connaitre à l'appui de leurs affirmations. A. B.

Digitized by Google

loppe correspondante, et assure le fonctionnement de l'appareil.

5° *Le moteur M*, avec son arbre porte-balais fixe 40, à douille divisée 41, en prise avec les secteurs 34, 35, et à bras 42, portant à l'une de ses extrémités 44 les balais en contact avec le collecteur 43, et, à l'autre, un bras 45, qui met, lorsque la manette 2 est au zéro, les inducteurs de M en court circuit par les contacts 46 et 47, reliés respectivement à chacune des bornes de M, et réunis par 45 lorsque 2 est au zéro. Le spiral 48, relié d'un côté à l'axe 40 et de l'autre au porte-balais 42, par l'anneau 49, ramène les balais au point neutre quand le circuit de l'embrayage électromagnétique est rompu automatiquement par l'action des butées 16ª 17ª, commandées par le moteur. Le collecteur 43 à ses différents contacts reliés aux résistances du rhéostat 50; sa touche médiane neutre est isolée des autres, et les résistances 50 sont séparées par des isolants 51.

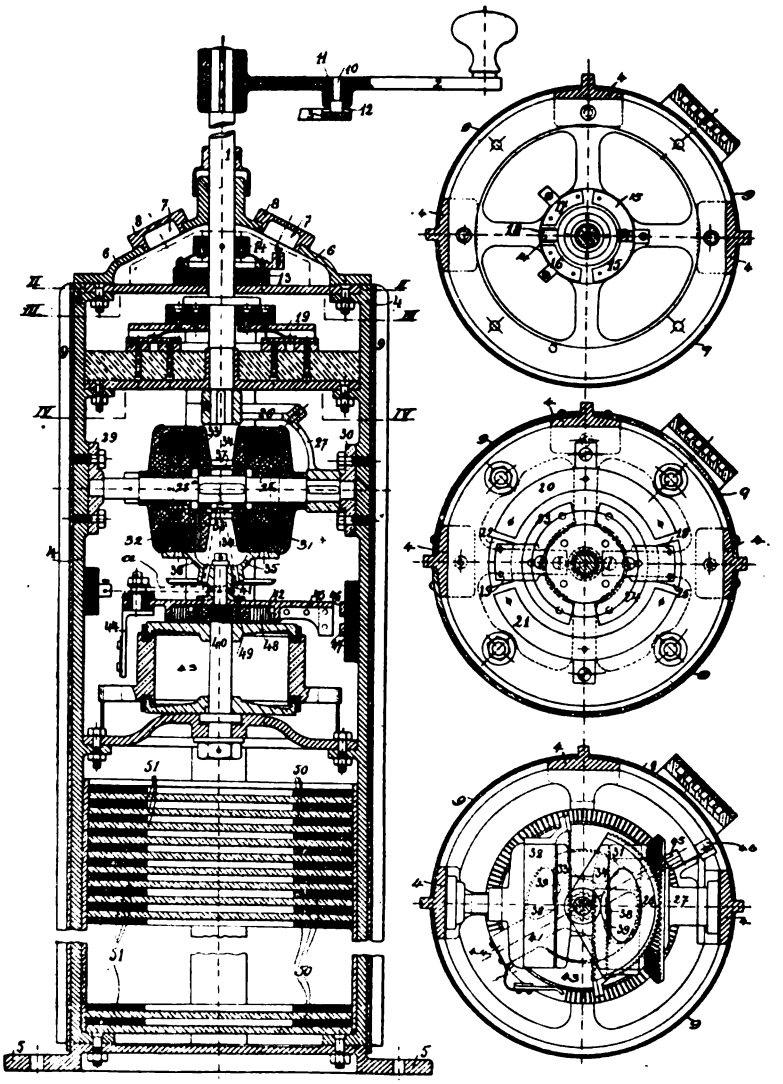


Fig. 1 à 4. — Manipulateur *Canet Hillairet* (1893). Coupe verticale et horizontale (II II) (III III) (IV IV).

Ceci posé, voici comment fonctionne l'appareil. Quand on déplace la manette 2 dans un sens ou dans l'autre, à partir de sa position zéro, le bras 14 envoie le courant dans celui

Digitized by Google

des électros de l'embrayage correspondant à cette direction, le commutateur inverseur se dispose prêt à envoyer au moteur M un courant dans ce sens ; puis, la manette 2 continuant à tourner, l'arbre 28 est mis en rotation par les secteurs 26 et 27, et l'armature 33, 34, attirée par le passage du courant dans l'électro 31, correspondant à la position de 2, amène à elle cet électro et son enveloppe de manière à engager sa dent 38 dans l'encoche 39 de cette enveloppe. Le levier 2 fait, dès lors, tourner le secteur 35 et le pignon 41, fixé sur le porte-balais 42, qui amène ainsi les balais sur les touches actives du collecteur 43. Le courant passe alors dans le moteur avec intensité croissante à mesure que le mouvement de la

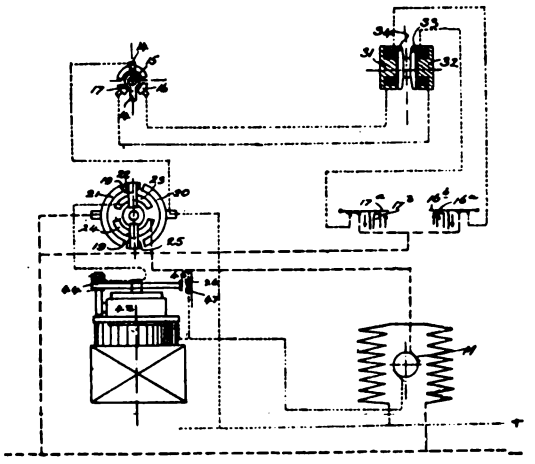


Fig. 5. — Manipulateur *Canet Hillairet*. Schéma des circuits.

manette 2 supprime les résistances du rhéostat 50, en opérant ainsi la mise en marche graduelle du moteur, qui s'arrête de lui-même quand on ramène 2 au zéro. Si, une fois le moteur lancé à une certaine vitesse, on arrête le levier 2 au point correspondant à cette vitesse, le taquet 16^a ou 17^b (fig. 5) actionné par M, agit, aux extrémités de sa course, sur la touche 16_a ou 17_a de manière à couper automatiquement le courant de l'électro aimant 31 ou 32, que le ressort 28^a éloigne alors de l'armature 33, 34, de façon à arrêter la dynamo M, qui fonctionne ainsi à la manière d'une sorte de servo-moteur.

Les applications des dynamoteurs à la *manœuvre des canons* se répandent, comme on le sait, de plus en plus, et l'un des désiderata les plus importants de cette application est évidemment la faculté de pouvoir régler avec une grande précision, en toute sûreté, et même indépendamment de toute considération d'économie, la marche de ces appareils. La solution proposée récemment par MM. Ormsby et Banister, tous deux attachés à l'arsenal de Woolwich est des plus pratiques et des plus simples.

Cette solution consiste (fig. 6), en principe, à interposer sur l'axe D de la dynamo un régulateur hydraulique formé par deux plongeurs E E, commandés par un excentrique D, à cadre E', et refoulant alternativement de l'un

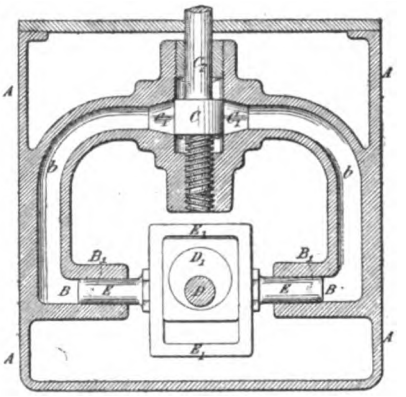


Fig. 6.– Régulateur *Ormsby Banister* pour manœuvre électrique des canons (1894).

à l'autre la même masse de liquide, huile ou eau, en *bb*, au travers du robinet C, dont on fait à volonté varier la résistance jusqu'à l'arrêt absolu. Le bout est renfermé dans un réservoir A, rempli du liquide, dont il répare les fuites par B_1 B_1. La position de fermeture ou d'arrêt correspond à la position médiane de C, et au point neutre de l'aiguille du commutateur inverseur calé sur C_2. On obtient ainsi un réglage des plus sensibles, avec un appareil à la fois simple et robuste.

Le principe de l'appareil de pointage de l'*American Range Finder C°* se comprend facilement par les figures schématiques 7 à 12.

Les connexions électriques sont fig. 9 les

Digitized by Google

suivantes : Des extrémités de l'arc 16, concentrique aux arcs de pointage 34 et 35 (fig. 7) partent les fils 26 et 27, aboutissant aux contacts 25 et 24, avec interposition, en x et y, de la pile 29. Le bras 20, qui parcourt l'arc 24, est relié à 16 par 30, 32, avec interposition du galvanomètre 31 ; de sorte que l'ensemble de ces connexions constitue un pont de Wheatstone dont l'équilibre est fonction de la position des bras 17 et 20 sur les arcs 16 et 19. Tant que ces bras sont parallèles, le galvanomètre 31, reste au zéro, puis son aiguille indique par ses déviations les écarts mêmes de ce parallélisme; elles sont, par exemple, si 20 vient en 24, proportionnelles à la longueur 19-24 de l'arc 19 correspondant à cet écart.

Lorsqu'on tourne (fig. 7) la manette 9, qui commande par V. 10 la lunette de pointage 5, l'arc 19 suit, sous le contact fixe 20, l'inclinaison de cette lunette ; de même, l'arc 16 se déplace devant le contact fixe 17 proportionnellement à l'inclinaison du canon 1; et, tant que la lunette et le canon sont parallèles, le galvanomètre 31 reste au zéro.

Ceci posé, connaissant la distance du but visé et la déviation correspondante qu'il faut, pour l'atteindre, donner au canon par rapport a la lunette qui vise ce but, on vise au moyen de la lunette. puis ou pointe le canon de manière que le galvanomètre 31 marque le degré correspondant à cette déviation, qui se lit directement sur son cadran gradué par expérience. Le pointage s'opère ainsi par deux hommes : l'un visant le but à la lunette, et l'autre levant le canon par 13 14, jusqu'à ce que le galvanomètre indique la déviation correspondant à la distance du but.

Cette déviation est d'ailleurs repérée par la graduation de la roue 9, à vernier 33, qui donne l'inclinaison de la lunette et celle de l'arc 34, à vernier 35, dont la différence donne la déviation ou la hausse cherchée.

Si le canon se trouve (fig. 12) à bord d'un navire qui avance de A en A_1, pendant le trajet du projectile pointé sur B, il ira non en B mais en D, de sorte qu'il faut, pour atteindre B, pointer dans une direction A C, telle que l'angle B A C = B A_1 D. Pour faire cette correction,

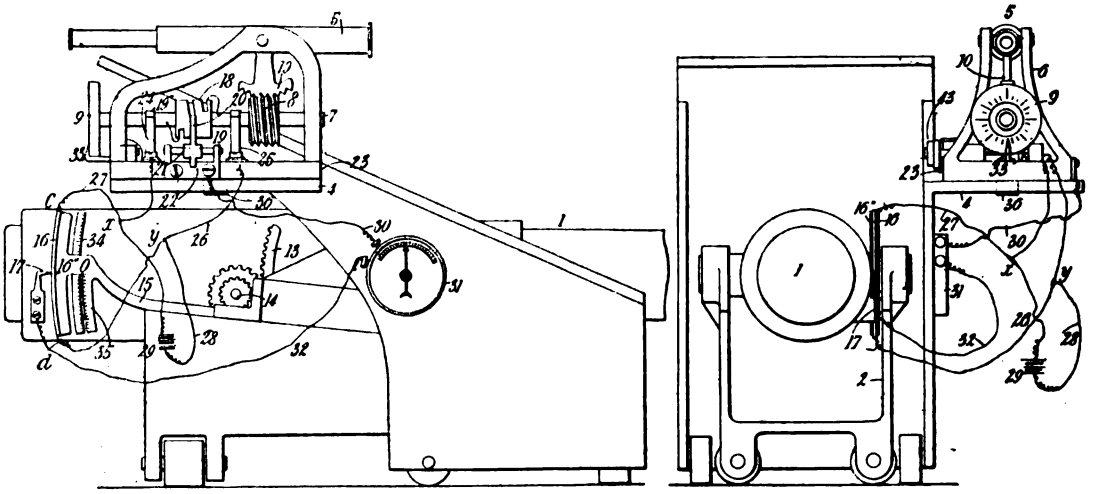


Fig. 7 et 8. — Pointeur de l'*American Range Finder C°* (1894). Elévation et vue par bout.

le chassis 23 de l'appareil est fixé au plateau 4 par un boulon pivot 36 (fig. 9); en outre, le plateau 4 porte une butée 38, passant au travers du cadre 37 de 23, et repoussant, par le ressort 40, le piton 39 de 23 autant que le permet la pointe de la vis 42, filetée dans l'écrou 41 de 23, et dont le vernier 43 permet de faire immédiatement pivoter 23 sur 4 de l'angle C A B supposé connu. En fait, le quadrant 3 est gradué par exemple en nœuds, et 44 en mètres, de sorte que si A fait n nœuds, et se trouve à n' mètres de B, il suffit, pour assurer le pointage, d'amener la division n de 3 vis-à-vis de celle n' de 44.

Digitized by Google

Pour les canons rapides, à recul parallèle au pointage, la lunette est (fig. 3) installée sur le bras de manœuvre D''. Après lui avoir donné l'inclinaison voulue par la distance du but, on abaisse D'' jusqu'à ce que le but passe au réticule de la lunette, et l'on tire ; ou, si l'on est à bord d'un navire, on attend que le roulis fasse passer le but devant le réticule.

MM. *Cudey et Vacherie* emploient, pour

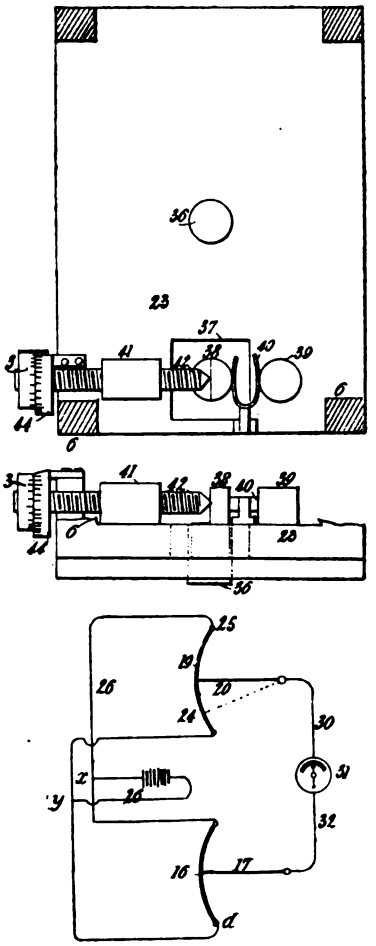


Fig. 9 et 10. — Pointeur de l'*American Range Finder C°*. Détail du contact de déviation et schéma des circuits.

la fabrication de leur « cheviot jersey » des laines exceptionnellement fines, avec l'obligation d'éviter dans les tissus absolument toute paille provenant d'une cassure ou d'un embrouillement des fils; aussi emploient-ils avec leurs métiers à tricoter, des casse-fils électriques d'une grande sensibilité représentés par les figures 14 et 15. Les fils *a* passent des cocons *b*, par un guide *c*, aux couteaux *d*, qui les nettoient et les égalisent, les guides *c* et *f* étant disposés de manière à éviter les coincements qui se produisent parfois au passage des

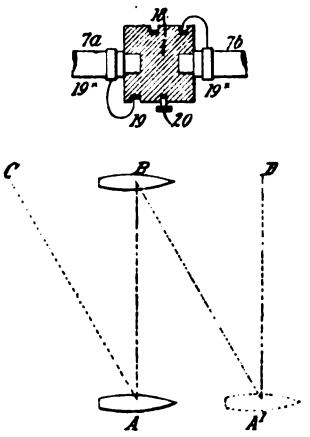


Fig. 11 et 12. — Pointeur de l'*American Range Finder C°*. Détail du commutateur 18 et schéma d'un pointage à la volée.

couteaux. Au sortir de ces couteaux, les fils sont graissés par leur passage sur un savon *g* (fig. 14) d'où ils vont, guidés par les galets en verre *h*, aux alimentateurs *i* du métier. Entre

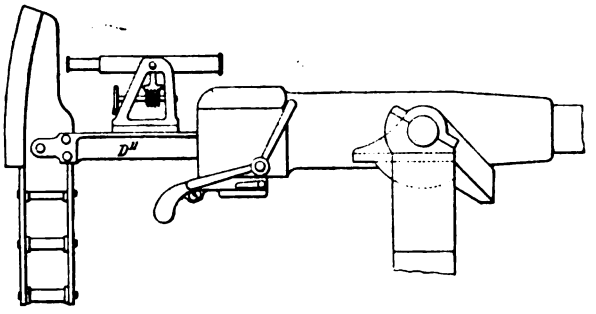


Fig. 13. — Pointeur de l'*American Range Finder C°*. Montage sur canon rapide.

les galets *h*, se trouve suspendu, à chaque fil un petit étrier *k*, dont la fourche tombe, quand le fil casse, dans un bain de mercure, de manière à fermer le circuit de l'électro-aimant correspondant *n*. Cet électro attire alors son armature n^1 n_2, qui, lachant le levier *o*, permet à ce levier de se débrayer, sous l'impulsion de

Digitized by Google

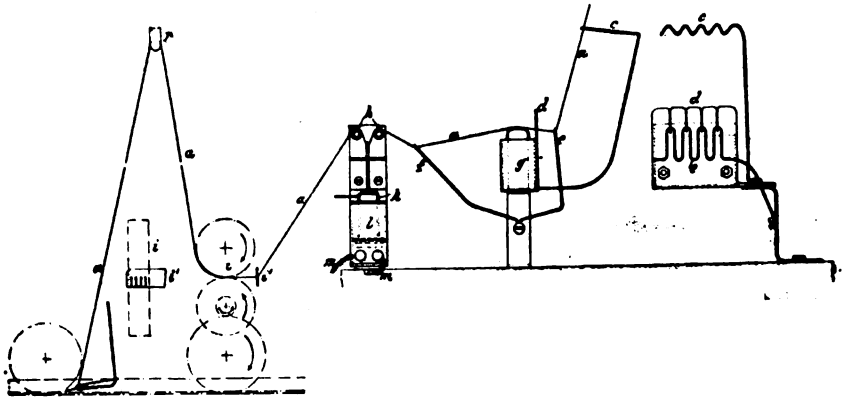


Fig. 14. — Casse-fils électrique *Cudey et Vacherie*. Schéma de la marche des fils.

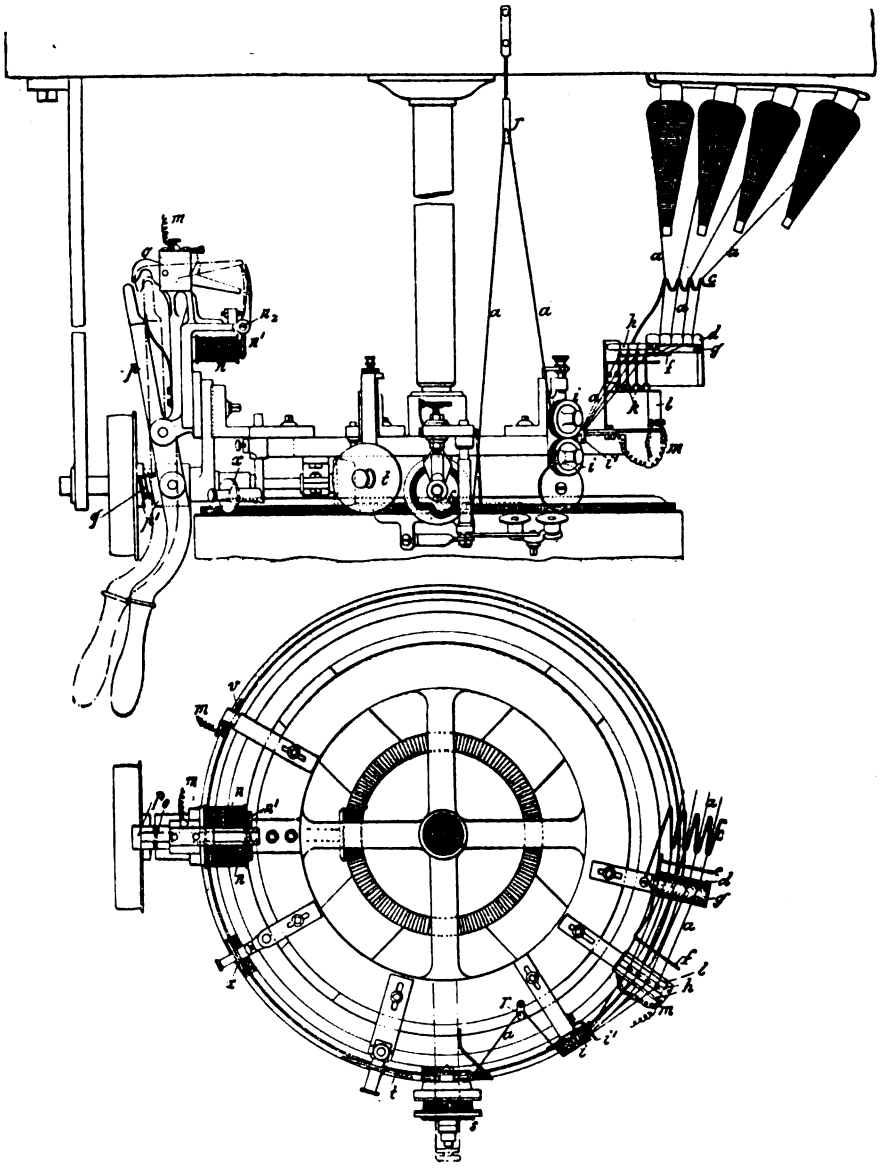


Fig. 17 et 18. — Fléau électrique *Burby* (1894). Elévation et détails de la transmission à friction.

Digitized by Google

son ressort, l'embrayage q de la poulie motrice du métier.

Avant d'arriver aux alimentateurs i, les fils traversent un peigne i', qui les dirige tangentiellement à ces rouleaux, au sortir desquels ils passent, avant d'arriver aux aiguilles s, sur un crochet r : ce long parcours a pour objet de faciliter l'inspection des fils et leur racommodage après rupture. Un galet tangentiel t retient les fils sur les aiguilles, sans cesse nettoyées par une autre roue x.

Le fléau automatique de Burby, pour machines à essayer les métaux, fonctionne comme

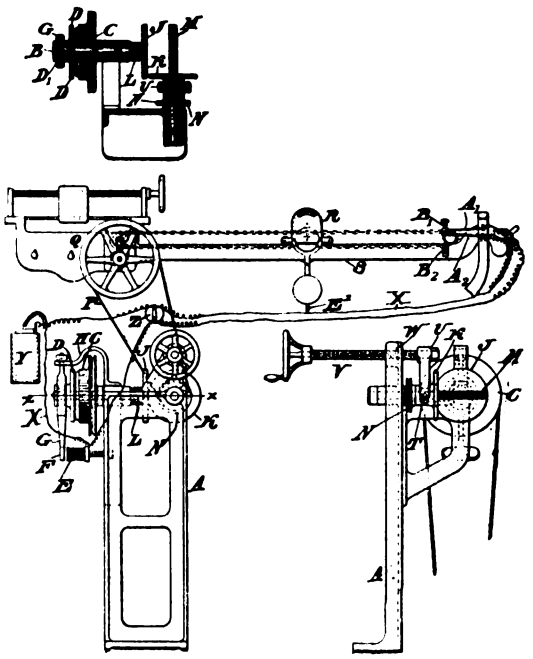


Fig. 15 et 16. — Casse-fils *Cudey et Vacherie*. Elevation et plan.

il suit (fig. 17 et 18). Dès que l'on applique la traction ou la pression à l'éprouvette en essai, le fléau s, relié à cette éprouvette, se soulève, et ferme en B_2B_1 le circuit de la pile x sur l'électro-aimant E, qui, attirant son armature F G, embraye avec la poulie folle C le plateau de friction D de l'arbre B, de sorte que ce plateau, ainsi entraîné par le mouvement continuel de la poulie C, entraîne à son tour, par le train à friction J K M, la poulie N, qui commande par P Q et sa chaîne le mouvement du poids R E sur le fléau. Ce poids avance ainsi sur le fléau, jusqu'à ce qu'il l'abaisse de nouveau, dès que l'éprouvette cède un peu, et arrête sa course par la rupture du contact B_1 B_2.

Quand l'éprouvette se rompt, le circuit se referme, et l'on amène, par la vis V, K de l'autre côté de J, de manière que sa rotation, ainsi renversée, ramène R en arrière, jusqu'à ce que son bras E, rencontrant le commutateur Z, rompe définitivement le circuit.

G. RICHARD.

(*A suivre.*)

EXTRACTION DE L'OR PAR LE CYANURE (1)

Depuis mon premier article sur le cyanure le juge Romer a rendu à Londres sa décision : par conséquent, ma tâche est simplifiée, et je n'ai pas à aller si loin pour établir que tout le monde a le droit de traiter les minerais d'or et d'argent par le cyanure de potassium seul ou en combinaison avec le courant électrique.

Le jugement est très clair, très catégorique et ne laisse aucun doute sur la soi-disant découverte que déjà, en 1890, dans le journal anglais *Industries* je démontrais être connue depuis longtemps.

On savait, dit le juge, qu'une solution de cyanure dissout l'or. Rae et Simpson avaient pris à ce sujet, en 1867 et en 1885, des brevets en Amérique, et celui de Simpson est identique au brevet Mac Arthur. Il n'y a donc aucune invention brevetable dans la soi-disant découverte du pouvoir dissolvant du cyanure sur l'or et chacun est libre, *dans ce pays*, de se servir de ces procédés.

J'ai souligné les mots *dans ce pays*, parce que la décision du juge Romer ne s'applique évidemment qu'à l'Angleterre. Mais il est bon de savoir que la Compagnie Cassel a perdu son procès et que son brevet a été déclaré nul dans son pays d'origine. C'est un précédent

(1) L'*Eclairage électrique*, du 3 novembre 1894, page 353.

Digitized by Google

d'une très haute importance, car on pourra l'invoquer en France et dans tous les pays producteurs d'or ou d'argent où le monopole du cyanure voudra élever ses prétentions.

De grands savants avaient été convoqués pour prêter à la Compagnie Cassel l'appui de leur réputation, de leur influence et de la renommée de leur savoir, et leurs dépositions sur la solubilité de l'or dans une solution de cyanure et sur l'action du courant électrique sur les minerais d'or dans un électrolyte de cyanure de potassium, avaient été tellement défavorables, que si on en avait tenu compte le monopole du cyanure serait encore debout et toutes les mines d'or et d'argent du monde entier seraient leurs tributaires.

De grands savants peuvent être fort ignorants quand on leur demande de se prononcer sur une question de spécialistes. Tel a été le cas avec le cyanure et c'est ainsi que nous avons vu défiler les plus illustres chimistes et électriciens qui ont affirmé les uns après les autres que la solubilité de l'or et surtout celle de l'or des minerais était chose inconnue, toute nouvelle et constituait une véritable découverte.

Quant à l'électrolyse des minerais d'or, rien n'a été plus comique et plus triste à la fois que la façon dont ce sujet intéressant au plus haut point a été traité par des gens qui, n'étant pas sur leur terrain d'expériences de laboratoire et de haute science ont mis leur talent et leur influence au service d'une mauvaise cause.

L'un avait essayé l'électrolyse dans un appareil qui n'était pas celui des défendeurs, et qui ne lui ressemblait pas; l'autre avait mis une plaque d'or dans le cyanure au lieu de sable aurifère; un troisième débitait des phrases abstraites. Pas un n'était à la question et ces hommes de science et de génie qui sont venus parader comme de simples témoins à qui on paierait de très hauts honoraires ont fait si bel et si bien en voulant trop prouver qu'ils n'ont rien prouvé du tout, sinon qu'ils ne savaient ni les uns ni les autres de quoi il s'agissait. Comme de juste, ils avaient fait intervenir Faraday dans l'affaire, mais Faraday ne pouvait en rien servir à la cause, et c'est pourquoi les gens du monopole du cyanure ont perdu leur procès.

La science n'avait pas grand chose à voir dans ce procès, puisque la question électrolytique a été à peine touchée et l'a été d'une manière insuffisante par les princes de la science et que dans la discussion des antériorités et de la validité des brevets pris pour la découverte de l'action dissolvante du cyanure sur l'or, qui était du ressort des agents de brevets beaucoup plus que du leur, ils se sont montrés bien au-dessous de leur tâche.

— Le raisonnement qu'ils ont tenu est celui-ci :

Rae, qui en 1867 a pris en Amérique un brevet dans lequel il revendique l'emploi d'agents dissolvants de l'or tels que le cyanure de potassium, en combinaison avec le courant électrique, ne faisait que de l'électro déposition, comme Elkington, car il agitait la masse du minerai qui était ainsi en contact avec l'anode.

Pielsticker, qui électrolyse une masse de minerai qui n'est pas agitée ne peut pas faire agir le courant sur l'or du minerai puisque les grains de sable aurifère ne sont pas en contact avec l'anode.

Le contact de l'or des grains de sable avec l'anode, c'est le grand cheval de bataille de tous ces savants, qui ont déclaré que dans un compartiment dans lequel étaient suspendues des feuilles d'or non en contact avec les électrodes sans que le courant électrique le traversât, il se dissolvait plus d'or que dans un autre compartiment contenant des feuilles d'or identiques, et où passait le courant électrique.

Lord Kelvin a fait une longue démonstration de cette expérience en la rapprochant de celle de Faraday, mais tout l'échafaudage est tombé quand M. C. Vautin est venu démontrer que l'appareil de lord Kelvin n'était pas construit comme il aurait dû l'être, que les deux compartiments communiquaient entre eux, chose qui n'aurait pas dû arriver; et qu'enfin les expériences qu'il avait lui-même faites

Digitized by Google

démontraient clairement que les feuilles d'or qui ne sont en contact ni avec la cathode ni avec l'anode, se dissolvent plus dans le compartiment où la solution de cyanure est traversée par le courant que dans celui où ne passe pas le courant électrique.

L'électrolyse est au fond de ce procès, et le point en question mérite toute l'attention des électrochimistes, et j'insiste d'autant plus que nulle part le compte rendu de ces débats n'a été publié, et qu'il n'existe que quelques exemplaires du relevé sténographique des dépositions des électriciens et des chimistes appelés à donner leur opinion sur l'action du courant électrique sur des minerais dans une solution de cyanure de potassium. Avec tout le respect qui est dû à des hommes qui s'appellent Dewar, Crookes, Roscoe, Gore et Lord Kelvin, il est permis de dire qu'ils ont fait fausse route, et qu'il n'est pas étonnant que le juge en rendant sa décision ait donné tort à ces illustres experts.

Le professeur Dewar qui a été le premier à faire sa déposition, a été aussi le premier à dire que si on met une anode en or dans une solution de cyanure de potassium elle se dissoudra, et que Rae, qui maintenait sa masse de minerai en agitation, avait en quelque sorte une anode d'or par le contact des particules de minerai aurifère avec l'anode.

Le professeur Robert Austen, chimiste de la monnaie et une des plus grandes autorités en matière de métallurgie d'or n'a pas été moins explicite.

Si au milieu d'une cuve, a-t-il dit, entre l'anode et la cathode on suspend des grains d'or qui ne touchent pas les électrodes, le courant électrique n'aura aucune action sur eux.

Le professeur Crookes fait la même déclaration et chose plus curieuse, étrange encore, parle de l'action dissolvante du cyanure sur l'or comme d'une chose très connue depuis bien des années par les savants dont Mac Arthur a fait l'application aux minerais.

C'est beaucoup de subtilité que de faire une distinction entre la solubilité de l'or métallique et celle de l'or qui existe dans le minerai. Mais le plus curieux, c'est que le professeur Crookes qui dit que la solubilité de l'or dans le cyanure de potassium était chose connue, a déclaré en tête d'un brevet qu'il a pris il y a quatre ans pour l'extraction de l'or au moyen des courants alternatifs n° $\frac{3532}{1890}$ que le *cyanure de potassium a une très faible action sur l'or.*

Une autre affirmation du professeur Crookes et dont il est essentiel de prendre note, c'est que si on passe trop de courant à travers une solution de cyanure, on l'oxyde et on la détruit. Un excès de courant diminue l'action dissolvante et par conséquent la quantité d'or est moindre. Ce n'est plus du cyanure, mais du cyanate qu'on a en solution, et le cyanate ne dissout pas l'or.

Le professeur Crookes n'a pas dit grand chose au sujet du courant électrique, qui, d'après ses collègues de la *Royal Society*, car tous ces témoins sont académiciens, n'exerce aucune action sur le minerai qui se trouve dans une cuve électrolytique.

Il ne peut jeter ni la première, ni la seconde pierre à ceux qu'on accuse d'avoir pêché en électrolysant une masse de minerai, car dans son brevet il dit lui-même que « la masse du « minerai n'est pas bonne conductrice de « l'électricité, mais que les fines particules « d'or qui s'y trouvent disséminées conduisent « comme chacun le sait, le courant d'une « excellente façon.

« Chaque grain d'or de la masse humide « que traverse le courant alternatif conduit « mieux l'électricité que la masse environ- « nante, et les forces équipotentielles con- « vergent vers lui avec ce résultat que plus de « courant électrique passe à travers chaque « grain qu'à travers le reste de la masse et « que les deux côtés de chacun de ces grains « devient alternativement anode et cathode. »

Ce qu'on vient de lire est en désaccord complet avec les affirmations de sir Roscoe et des autres savants qui ne voient dans l'électrolyse

Digitized by Google

de minerais dans une solution qu'un dépôt galvanique comme le pratiquait Elkington.

Est-ce à dire que l'électrolyse est encore un mystère et qu'on ne sait ni où elle s'arrête ni où elle pourrait aller suivant la méthode ou le dispositif qu'on adopte ?

Nous arrivons maintenant au témoignage de lord Kelvin, l'électricien dont les paroles font loi dans la science.

Selon lui, le courant n'a aucun effet dans une cuve contenant du sable aurifère, une solution de cyanure et deux électrodes. Il ne facilite pas la solution d'or, il fait plus de mal que de bien. L'appareil dont il s'est servi pour démontrer que le courant électrique n'agit pas est une cuve divisée en deux par un charbon

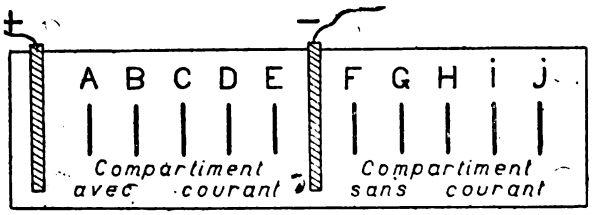


Fig. 1. — Diamètre des disques 2 1/2 centimètres. Courant d'une pile Smée.

Densité de la solution de cyanure au commencement 1,160
— — — à la fin..... 0,994

qui, au milieu, fait communiquer le liquide des deux compartiments. D'un côté est une anode, au milieu est une cathode en charbon. Entre le charbon positif et le charbon central sont 5 petits disques en or (A,B...), de l'autre côté sont 5 disques d'or (F. G...) semblables aux premiers (fig. 1).

L'expérience qui a duré 25 heures a fait voir qu'il y avait plus d'or sur les disques du compartiment que ne traversait pas le courant que sur ceux du compartiment dans lequel le courant passait. La force électromotrice était d'un volt, le courant d'une fraction d'ampère.

Je suis incapable, a ajouté Lord Kelvin, de vous donner une théorie à ce sujet, mais le fait est incontestable.

Si le courant était passé à travers l'or il y aurait eu autant d'or précipité d'un côté que d'or dissous de l'autre, mais le courant est presque tout passé dans le liquide. S'il y a eu un peu d'or dissous dans le compartiment, cela tient à ce que les disques étaient affectés par la polarisation introduite dans le liquide qui était décomposé avec formation de cyanate. Cela provient peut-être aussi de l'action dissolvante naturelle du liquide qui n'est pas due à l'action électrique de forts courants, mais qui résulte de petits courants locaux et de faibles circuits électriques entrant dans l'or d'un côté et en sortant de l'autre. Il semble que la polarisation prévaut dans le courant de façon à maintenir ces petits courants et à les empêcher d'aller trop loin.

Lord Kelvin n'a pas voulu faire ses recherches sur du minerai ; il a préféré des plaques d'or, et dans une seconde expérience il les a placées non plus parallèlement mais perpendiculairement à la ligne du courant et les résultats ont été les mêmes.

— Avez-vous constaté, par des essais, lui demande-t-on, si votre supposition que le liquide était décomposé est vraie ?

— Non, dit lord Kelvin, mais j'en suis sûr.

— Qu'entendez-vous par polarisation ?

— La polarisation du liquide à la surface des disques veut dire la position des particules du liquide vis-à-vis du cyanogène ou de l'oxygène d'un côté, et du potassium de l'autre ; ce n'est pas que la surface du liquide est protégée par des bulles de gaz. L'oxygène n'est pas un gaz, l'hydrogène n'en est pas un non plus. Il ne sont pas gazeux quand ils polarisent des électrodes. La polarisation arrête le courant en opposant une grande résistance sur la surface, et c'est pourquoi il y a très peu de courant qui passe à travers le métal. Ce qui empêche le courant de traverser le métal des disques, c'est la portion du composé, la molécule chimique de la solution, c'est-à-dire du cyanure de potassium qui, d'un côté, regarde le disque, et de l'autre s'en détourne, et l'agitation du liquide n'empêcherait pas cette polarisation, du moins c'est probable, dit l'illustre expert, mais je n'en ai pas fait l'expérience. Quant au voltage, il ne servirait à rien de l'aug-

Digitized by Google

menter, cela ne ferait pas disparaître la polarisation.

C'est alors qu'on lui montra deux verres dans l'un desquels est une feuille d'or entre une cathode et une anode. Dans l'autre, une feuille d'or est suspendue, mais seule et sans électrodes.

Quelle est la feuille d'or qui se dissoudra le plus vite ? lui demande-t on.

Celle qui est dans le verre où passe le courant, répond lord Kelvin, du moins je le pense probable, quoique j'aie beaucoup de défiance. Au commencement, il n'y a pas d'or dans le liquide, et la feuille d'or qui est assez grande empêche la diffusion de l'or, et la première action sera de dissoudre un peu d'or, une proportion infinitésimale du côté de la feuille d'or qui fait face à la cathode. C'est pourquoi j'ai dit que l'or se dissoudrait peut-être plus vite que dans l'autre verre où ne passe aucun courant. Mais je ne puis rien dire sans faire d'expériences.

Je laisse de côté une digression sur l'action comparée du courant sur un grain de minerai aurifère et sur l'or en feuilles pour arriver au passage le plus stupéfiant à propos de l'appareil électrolytique Pielsticker pour le traitement des minerais contenant de l'or.

L'action du courant est donc insignifiante dans cet appareil ? lui dit-on.

Elle n'est pas insignifiante, réplique lord Kelvin, elle est préjudiciable, et la perte causée représente 7 o/o de ce qu'on devrait retirer.

Alors continue-t-on, si vos conclusions sont justes et si vous essayez le procédé dans une cuve sans courant, puis dans la même cuve avec le courant, vous obtiendriez plus d'or sans courant qu'avec courant ?

— Oui, je le crois !

— Mais si les résultats d'autres expériences vous montraient le contraire, c'est-à-dire donnaient plus d'or avec que sans courant, est-ce que cela n'ébranlerait pas votre confiance dans l'expérience que vous avez faite ?

— Non !

— Pourquoi non ?

— Parce que, répond lord Kelvin, j'ai une confiance absolue dans l'expérience que j'ai faite et qu'aucune autre expérience ne pourrait ébranler cette confiance.

— Si d'autres personnes faisaient cette même expérience et trouvaient qu'elle ne répond pas au but qu'on espérait atteindre, vous en tiendriez-vous encore à cette expérience ?

— Oui ! j'ai limité mes conclusions à celles qu'on peut tirer de mon expérience.

C'est alors qu'on pousse à bout lord Kelvin dont l'interrogatoire commence à devenir pénible pour lui, mais il ne veut pas démordre de ce qu'il a avancé.

Si *vous même, vous aviez essayé, et fait expériences sur expériences, mille expériences les unes après les autres, et si chaque fois vous aviez trouvé plus d'or dans la solution que traverse le courant que dans celles qu'il ne traverse pas, conserveriez-vous encore la même confiance dans l'exactitude de votre première expérience ?*

Lord Kelvin n'hésite pas à répondre oui !

E. ANDREOLI.

(*A suivre.*)

L'ÉCOLE D'APPLICATION

DU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ A PARIS.

L'enseignement de l'électricité, n'a pas, en France, marché de pair avec le développement de l'industrie. De nombreux ouvrages — trop nombreux peut-être, car la quantité ne peut racheter la qualité — ont été écrits sur ce sujet ; les principales écoles ont fondé des cours d'électricité. Mais cette abondance de théorie, sans être inutile, loin de là, ne présentait que peu d'avantages pour l'industrie.

A la sortie des écoles, les élèves n'ont en général que de faibles notions pratiques. Quand ils entrent dans l'industrie, on leur confie un service spécial, hors duquel ils ne peuvent acquérir l'expérience qui leur manque.

Digitized by Google

Ce n'est qu'après avoir passé par différents services, après une période d'apprentissage plus ou moins longue, qu'ils peuvent enfin rendre tous les services qu'on est en droit d'attendre d'eux. C'est pour eux et pour les ndustriels une perte de temps, correspondant à une perte d'argent, très-nuisible.

La fondation de l'Ecole d'application au laboratoire central d'électricité, école à l'état d'étude depuis longtemps déjà, vient combler cette lacune malheureuse.

La partie pratique y dominera la partie théorique que les élèves doivent posséder avant d'être admis, comme on a pu le voir dans le programme d'organisation que nous avons publié dernièrement (1). En un mot on y formera des *ingénieurs pratiques*. Après leur année d'études, ils seront aptes à diriger utilement soit une station centrale, soit un service de construction. Le Laboratoire réalisait déjà une partie de ce programme ; mais son but spécial et ses ressources jusqu'alors trop restreintes en limitaient forcément l'étendue ; en réalité, les élèves se bornaient à l'étude des mesures électriques. Sous l'empire de la nouvelle organisation il n'en sera plus ainsi.

Le cours d'électricité sera fait par M. de Nerville, le savant et sympathique directeur du Laboratoire, qui a déjà fait un cours analogue à l'Ecole supérieure de télégraphie. Le calcul des dynamos et leur emploi comme moteurs ; le calcul et l'établissement des lignes ; l'utilisation du courant, soit dans l'éclairage, soit dans la traction, soit dans l'électrochimie et toutes les parties qui s'y rattachent, comme la photomètrie, le réglage des appareils, l'organisation des stations et leur entretien, forment un programme très vaste qui ne pourra être étudié utilement en 30 à 35 leçons seulement, que grâce aux connaissances théoriques préalables des élèves. Dans les devoirs et les projets qu'ils devront préparer, les données prises dans la pratique journalière, leur feront acquérir sans effort la connaissance réelle des appareils qu'ils auront plus tard entre les mains et que complèteront les exercices pratiques faits à l'école.

Le cours sur les mesures sera fait dans le même esprit par M. Vigneron, chef des travaux au Laboratoire. Les conférences seront faites dans chaque cas par des spécialistes.

Au total 60 à 70 leçons d'une heure et demie ; tout le reste du temps sera employé par les exercices pratiques ; les leçons n'auront pour ainsi dire d'autre but que d'expliquer aux élèves ce qu'ils auront à faire, et de coordonner leurs idées. De même, les visites d'usines prépareront et complèteront la rédaction des projets.

Dès leur entrée à l'Ecole les élèves devront faire, sous la direction d'un contre-maître exercé, des travaux d'atelier ; lorsque leur habileté à manier la lime et le marteau sera suffisante, ils auront à exécuter des appareils dont ils auront eux-mêmes, et sur les indications de leurs professeurs, exécuté le devis ; ils devront en indiquer approximativement le prix de revient, tant en matériaux qu'en main-d'œuvre. Ils auront à dévider et à rebobiner des dynamos ; à rechercher et à réparer leurs défauts ; ils auront à établir des projets d'installations de circuits et à en poser les conducteurs. Toutes les opérations de mesures exécutées devant leurs yeux pendant les cours, ils devront les répéter, de même qu'ils devront construire et surveiller les piles, nettoyer et entretenir les batteries d'accumulateurs, régler les lampes à arc.

Le nombre d'élèves admis sera restreint, afin que chacun d'eux puisse être constamment guidé et surveillé dans ses travaux par les chefs de service.

Après une année d'études de ce genre, un travailleur intelligent aura un bagage de connaissances pratiques plus que suffisant pour lui permettre d'aborder avec succès des emplois plus utiles et plus rénumérateurs, et chose précieuse que sauront apprécier les industriels, il sera en état de contrôler en toute connaissance de cause les hommes placés sous ses ordres.

(1) L'*Éclairage électrique*, 10 nov. 1894, p. 429.

Digitized by Google

Le diplôme d'élève de l'Ecole d'application sera certainement très recherché. Il sera d'ailleurs assez difficile à obtenir. Les examens d'entrée, portant, comme l'indique le programme, sur un ensemble assez vaste, permettront d'éliminer les candidats insuffisamment préparés; les examens de sortie, complétés par les notes de l'année, seront aussi éliminatoires. Ces garanties étaient indispensables pour donner au diplôme une valeur réelle. Les travailleurs sérieux ne s'en plaindront pas, nous en sommes certain.

Les professeurs ne feront pas partie du Jury des examens de sortie, ce qui assurera une intégrité absolue à ses opérations et permettra même de contrôler les professeurs eux-mêmes ce qui, hâtons-nous de l'ajouter, sera bien inutile.

Comme nous l'avons dit, le nombre des élèves sera limité afin d'assurer leur surveillance effective. Cependant, des auditeurs pourront être admis à l'un quelconque des cours, moyennant une faible redevance. Ces auditeurs qui ne subiront aucun examen ni d'entrée ni de sortie, ne participeront pas aux exercices pratiques et n'auront pas droit au diplôme. Ils en retireront un bénéfice intellectuel considérable et ces auditeurs formeront certainement un noyau d'élèves tout préparés pour les années futures.

Nous le souhaitons vivement. Le succès de cette école intéresse immédiatement l'industrie électrique française et les résultats obtenus seront suivis avec attention.

G. PELLISSIER

EXTRAITS

DE LA PRESSE INDUSTRIELLE

COMMUNICATIONS

Les efforts de traction

On est souvent embarrassé pour estimer la puissance nécessaire pour mettre en mouvement ou maintenir la vitesse d'une voiture de tramway. On s'est demandé pourquoi remplacer 2 chevaux par deux moteurs de 25 chevaux et il suffit de consulter la plupart des articles écrits sur cette question pour voir combien peu elle est connue, généralement. Nous nous proposions de publier quelques renseignements à ce sujet. Notre collaborateur M. G. Pellissier, vient de consacrer, dans l'*Industrie électrique* une étude intéressante des efforts de traction spécialement appliqués à l'industrie des tramways électriques. Nous ne pouvons mieux faire que de la résumer.

L'auteur étudie successivement l'effort nécessaire pour vaincre à tout moment : 1° la résistance au roulement ; 2° la résistance additionnelle due au passage en courbe ; 3° la résistance de l'air ; 4° l'action de la pesanteur dans les pentes ; 5° la résistance due à l'inertie au moment du démarrage.

Cette dernière est capitale dans l'industrie des tramways où les arrêts sont très fréquents et où, par conséquent, le démarrage doit s'effectuer sur un très-faible parcours afin que la vitesse moyenne du parcours total n'en soit pas affectée outre mesure.

1. *Résistance au roulement.* — L'effort f nécessaire pour vaincre cette résistance peut être représenté sans erreur sensible par la formule

$$f_1 = \rho F \qquad (1)$$

dans laquelle F est le poids du véhicule et ρ un coefficient qui dépend de la nature de la voie de roulement. De nombreuses expériences ont été faites pour déterminer sa valeur dans les différents cas ; pour une voie de tramway propre et mouillée elle est de 6,8 kilog., pour une voie ordinaire elle est de 11,5 kilog. et pour une voie poussiéreuse, de 27,5 kilog.; F étant exprimé en tonnes. On peut adopter la valeur moyenne $\rho = 11{,}5$ kilog.

La puissance P correspondante est proportionnelle à la vitesse v du mouvement supposé uniforme :

$$P_1 = \rho F v. \qquad (2)$$

2. *Résistance au passage en courbe.* —

Digitized by Google

Les formules ci-dessus s'appliquent au cas d'une voie en palier et en alignement droit, abstraction faite de la résistance de l'air. Au passage en courbe, la résistance est augmentée dans d'assez fortes proportions. D'après M. Reckenzaun, si l'on maintient la vitesse constante, la résistance est doublée et même parfois triplée, quand on passe sur une courbe de 15,25 m. de rayon. Mais comme on est généralement obligé de ralentir la vitesse dans de grandes proportions au moment des passages en courbe, afin d'éviter les accidents, cette augmentation n'influe pas sensiblement sur la consommation de courant et elle peut être négligée à ce point de vue. Il y a lieu d'en tenir compte quant à l'usure du matériel.

3. *Résistance de l'air.* — Cette résistance, qu'on néglige ordinairement, acquiert cependant une importance capitale dans l'industrie des tramways électriques où la surface offerte à l'air est considérable par rapport au poids de la voiture.

Elle se compose de :

(*a*) La résistance de l'air proprement dite due au mouvement du car ;

(*b*) La résistance due à la pression du vent atmosphérique sur les extrémités du car.

La première peut se calculer avec une exactitude suffisante au moyen de la formule

$$f_1 = \alpha S v^2 \qquad (3)$$

c'est-à-dire qu'elle est proportionnelle à la surface S frappée par l'air et au carré de la vitesse du mouvement. Le coefficient α a pour valeur 0,08, S étant exprimée en mètres carrés et v en mètres par seconde.

La puissance correspondante est proportionnelle au produit de l'effort f_2 par la vitesse v, soit :

$$P_2 = \alpha S v^3 \qquad (4)$$

La surface S d'une voiture de tramway est, en général de 7 m². On peut donc calculer l'effort f_2 et la puissance P_2 pour différentes vitesses v. Le tableau I contient les résultats du calcul. Nous avons, en outre, traduit ces chiffres par des courbes (fig. 1).

TABLEAU I

EFFORTS ET PUISSANCES NÉCESSAIRES POUR VAINCRE LA RÉSISTANCE DE L'AIR A DIFFÉRENTES VITESSES

VITESSES		f_2	P_2
en mètres par seconde	en kilomèt. par heure	en kg	en kgm.
2 22	8	2.76	6 13
4.17	15	9.74	40.61
5.55	20	17.25	95 75
6 95	25	27.05	188.00
8.33	30	38.90	324.—
10.00	36	56.00	560.—
13.33	48	99 50	1327 —
15.00	54	126.00	1890 —

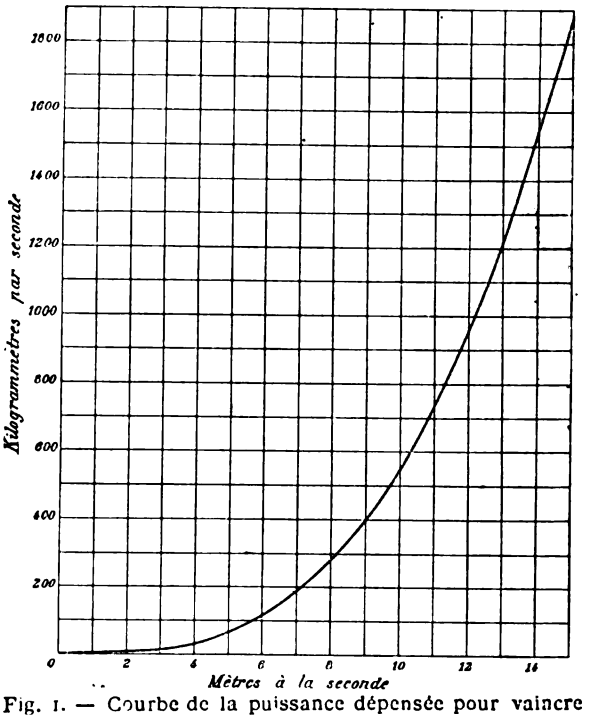


Fig. 1. — Courbe de la puissance dépensée pour vaincre la résistance de l'air, par une voiture offrant une surface active de 7 m².

La résistance due au vent atmosphérique pourrait se calculer au moyen des mêmes formules en donnant au coefficient α la valeur $\alpha = 0{,}12$. Mais l'irrégularité du vent, tant en vitesse qu'en direction, est telle qu'on ne peut faire entrer cette valeur dans les formules.

Elle permet d'expliquer certaines anomalies qu'on a remarquées dans la marche des

Digitized by Google

tramways électriques et dont la *Street Railway Review* parlait dernièrement en ces termes : « Les volts ne varient pas, sur la ligne considérée de plus de 10 o/o ; la voie est apparemment dans les mêmes conditions sur tout le parcours ; pourtant, il se produit des variations de vitesse et de courant qu'il est très difficile de comprendre : Un moteur monté sur une voiture marchant à pleine vitesse sur une voie de niveau montre des variations de courant s'élevant à 5 ampères et parfois plus, sans qu'on puisse trouver à ces différences aucune raison. » Le journal américain supposait que ces différences sont dues à l'état variable de la voie en différents points. Il est bien plus probable qu'elles sont dues à la pression du vent atmosphérique, variable à tout moment.

4. *Pentes.* — Lorsqu'une voiture se trouve sur un plan incliné, l'effort nécessaire pour vaincre la résistance au roulement se trouve légèrement diminué parce que la pression normale sur les rails n'est plus égale au poids du véhicule, mais à F cos θ, θ étant l'angle de pente. Dans les limites de la pratique, cet effet peut être négligé ; car, pour une pente de 15°, jamais atteinte en service courant, la réduction n'est que de 4 o/o environ.

Pour vaincre l'action de la pesanteur, pendant la montée, le moteur doit développer un effort

$$f_3 = 1000\ F \sin \theta \qquad (5)$$

qui vient s'ajouter aux autres efforts que nous avons déjà analysés ; cet effort est positif pendant les montées et négatif pendant les descentes. La puissance correspondante est

$$P_3 = 1000\ F \sin \theta\, v. \qquad (6)$$

On peut aussi l'évaluer approximativement en fonction du chemin parcouru en admettant que celui-ci soit sensiblement égal à sa projection horizontale ; on a alors pour expression de la puissance

$$P_3 = 1000\ F\, v\, h \qquad (7)$$

h étant la pente en centimètres par mètre.

Dans ces conditions, la puissance nécessaire pour vaincre l'action de la pesanteur et la résistance au roulement est

$$P = F(\rho + 1000\, h)\, v. \qquad (8)$$

5. *Démarrage.* — Ainsi que nous le disions en commençant, la puissance absorbée par la mise en vitesse des voitures de tramways est considérable. Admettons qu'une voiture du poids F doive atteindre sa vitesse de régime v sur un parcours de l mètres.

L'accélération moyenne sera donnée par la formule

$$a = \frac{v^2}{2l}$$

le temps employé sera

$$t = \frac{2l}{v}$$

L'effort moyen sera donc

$$f_4 = 1000 \frac{F}{g} \frac{v^2}{2l} \qquad (9)$$

et la puissance moyenne

$$P_4 = 1000 \frac{F}{g} \frac{v^3}{4l} \qquad (10)$$

Ces formules supposent que l'accélération est constante, ce qui n'est pas tout à fait exact, puisque, au moment du départ, dans l'industrie des tramways électriques, la résistance du circuit est successivement diminuée et par conséquent la puissance augmentée par la manœuvre du commutateur. Pour chaque position de celui-ci, l'accélération reste constante. Ainsi, M. Reckeuzaun mit une voiture en marche sur une ligne d'essais et lui laissa prendre d'elle-même sa vitesse normale, sans modifier le circuit : « Au départ, dit-il, l'intensité du courant était de 100 ampères et, dans le cours de 30 secondes, elle tomba à 40 ampères, valeur qu'elle conserva ensuite. Il fallut donc 30 secondes pour surmonter l'inertie de la voiture et, pendant ce temps, l'intensité du courant décrut à raison de deux ampères par seconde.

6. *Effort total et puissance correspondante.* — L'effort total est évidemment égal à la somme des efforts partiels que nous avons analysés ; il en est de même de la puissance.

On peut admettre que la vitesse moyenne au moment du démarrage est égale à la moitié de

Digitized by Google

la vitesse maxima v que la voiture doit atteindre.

On aura donc pour expression de l'effort moyen au moment du démarrage

$$f_a = F\,(\rho + 1000\,h) + 0.08\,S\,\frac{v^2}{4} + 1000\,\frac{F}{g}\,\frac{v^2}{2l}.$$

et pour expression de la puissance correspondante :

$$P = F\,(\rho + 1000\,h)\,\frac{v}{2} + 0{,}08\,S\,\frac{v^3}{8} + 1000\,\frac{F}{g}\,\frac{v^3}{4l}$$

En régime normal, ces expressions deviennent

$$f = F\,(\rho + 1000\,h) + 0.08\,S\,v^2$$

et

$$P_m = F\,(\rho + 1000\,h)\,v + 0.08\,S\,v^3$$

Les tableaux suivants II et III contiennent les valeurs calculées pour les différents éléments de ces formules en faisant F = 1 tonne ρ = 11,5 et en donnant à h, v et l des valeurs différentes abordables dans la pratique.

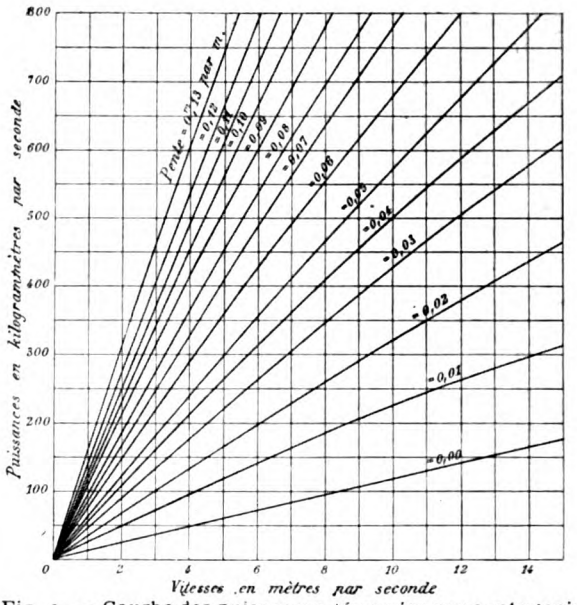


Fig. 2. — Courbe des puissances dépensées pour entretenir en mouvement à vitesse constante, en alignement droit, à des pentes différentes, une voiture du poids de une tonne non compris la résistance de l'air.

TABLEAU II

Puissances dépensées pour entretenir en mouvement, à vitesse constante, en alignement droit, soit en palier, soit en rampe, une voiture du poids de 1 tonne. Non compris la résistance de l'air.

Vitesses		Pentes en centimètres par mètre													
en m. s.	en km. h.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2.22	8	25 5	48	70	92	115	136	159	181	203	225	247	270	292	314
4.17	15	48	90	131	173	215	256	298	340	381	422	465	507	548	590
5.55	20	64	119	175	230	286	341	397	452	508	563	619	674	730	785
6.95	25	80	149	219	288	358	427	497							
8.33	30	96	179	262	345	429	512								
10,—	36	115	215	315	415	515									
11 10	40	128	239	350	461	572									
12 50	45	144	269	394	519										
13.33	48	153	286	420	553										

TABLEAU III

Puissances absorbées au moment du démarrage par une voiture du poids de 1 tonne, en palier et en alignement droit. Non compris la résistance au roulement.

Longueur du parcours de démarrage l, en mètres.	Vitesse maxima v, en km à l'heure.								
	8	15	20	25	30	36	40	45	48
8	35	231	545	1070	1842	3188	4360	6225	7550
10	28	185	436	858	1474	2550	3487	4978	6040
15	19	122	290	572	982	1700	2325	3320	4026
20	14	93	218	430	737	1275	1744	2490	3020
25	11	74	174	343	590	1020	1395	1992	2415
30	10	61	145	285	491	850	1162	1664	2013

7. — *Applications.* — M. Pellissier fait voir en terminant comment ces tableaux I, II et III peuvent s'appliquer à la résolution rapide et commode de la plupart des questions relatives aux conditions mécaniques de la traction.

Nous citerons les exemples qu'il a calculés. La concordance des résultats obtenus par le calcul avec ceux observés dans la pratique est une preuve excellente de l'exactitude des formules.

« Prenons, par exemple, une voiture pesant tout équipée à vide, 4,5 tonnes et transportant 50 voyageurs (3,5 tonnes). Soit un total de 8 tonnes. Nous la supposerons munie

Digitized by Google

de 2 moteurs de 25 chevaux chacun, donnant environ 3200 kilogrammètres par seconde sur les essieux. Nous nous proposerons de résoudre les questions suivantes :

1. *Quelle est la vitesse maxima que prendra cette voiture, en palier, ses deux moteurs marchant à pleine vitesse ?*

« Si l'on fait tourner les moteurs à pleine vitesse, le mouvement s'accélèrera jusqu'à ce que la somme des valeurs indiquées aux tableaux I et II soit égale à 3200 environ. On trouve 15 m. par seconde environ ; à cette vitesse, en effet, la résistance au roulement absorbe $8 \times 172 = 1376$ kilogrammètres et la résistance de l'air 1890 kilogrammètres. Le

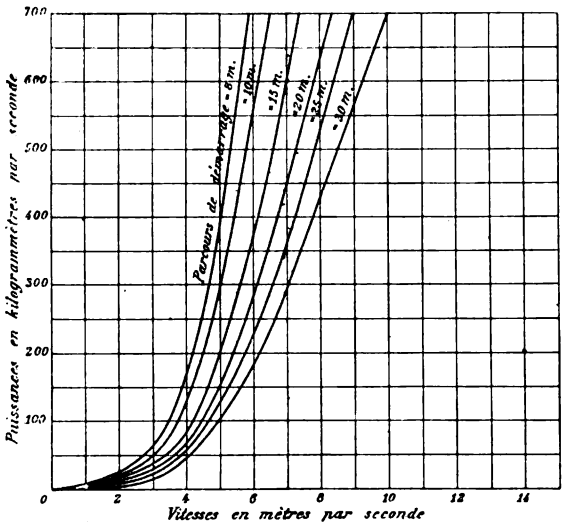


Fig. 3. — Courbes des puissances absorbées au moment du démarrage par une voiture du poids de une tonne en palier et en alignement droit. Non compris la résistance de l'air ni la résistance au roulement.

total 3266 kilogrammètres est très sensiblement égal à celui que nous avons fixé. Toutefois, comme à ces vitesses les chocs et les trépidations absorbent une partie notable de la puissance, il convient d'abaisser légèrement ce chiffre ; on peut fixer à 48 ou 50 kilomètres à l'heure la vitesse maxima vers laquelle tend une voiture de tramways dans les conditions que nous avons énoncées. C'est en effet ce que l'expérience a démontré.

« Remarquons qu'à ces vitesses, la résistance de l'air est de moitié supérieure à la résistance au roulement. »

2. *Après quel parcours cette vitesse sera-t-elle atteinte ?*

« On peut admettre, pour obtenir une valeur approchée minima, que la puissance absorbée par la résistance de l'air et la résistance au roulement correspond à celle de la vitesse moyenne, soit 24 kilomètres à l'heure. La résistance de l'air absorberait donc 188 kilomètres par seconde et la résistance au roulement 640 kilogrammètres par seconde. Il reste donc 2370 kilogrammètres par seconde pour vaincre l'inertie, soit 300 kilogrammètres par seconde par tonne environ ; en appliquant la formule $P = 1000 \frac{F}{g} \frac{v^3}{4l}$, on obtient la valeur $l = 290$ m. environ. De pareilles vitesses ne sont donc possibles que sur de longs parcours. La formule n'étant qu'approchée, il serait intéressant de voir comment elle cadre avec l'observation. Nous n'avons malheureusement aucun document qui permette de faire cette comparaison. »

3. *Quelle vitesse maxima faut-il adopter pour que le démarrage se passe sur un parcours égal à la longueur de la voiture, soit 10 m. environ ?*

« Cette vitesse étant forcément assez réduite, on peut négliger la résistance de l'air ; en outre, la puissance des moteurs, à ces vitesses, peut être admise comme étant supérieure à 50 chevaux ; on peut compter sur environ 450 kilogrammètres par seconde par tonne sur les essieux.

« En recherchant sur le tableau III, puis sur la ligne horizontale commençant par 10, le chiffre qui se rapproche le plus de 450, on trouve 436, qui correspond à 20 kilomètres à l'heure ; en ajoutant la puissance absorbée par le roulement, on arrive à un total d'environ 475 kilogrammètres par seconde ; qui est un peu trop elevé. La vitesse cherchée est donc légèrement inférieure à 20 kilomètres à l'heure, soit 18 à 19 kilomètres-heure. Cette vitesse correspond à 12 milles à l'heure qui est bien celle à laquelle cette condition est réalisée dans la pratique.

Digitized by Google

« A la vitesse de 20 kilomètres à l'heure, la puissance totale absorbée est de 611 kilomètres par seconde environ, soit un cinquième de la puissance que peuvent fournir les moteurs. On se trouverait donc dans de très mauvaises conditions économiques, pour absorber toute la puissance des moteurs au meilleur rendement, en maintenant la vitesse constante, il faudrait quintupler la charge, ce qui se fait en ajoutant des voitures remorquées ; d'après les chiffres ci-dessus, en tenant compte du poids réduit des wagons remorqués, la limite est de 1 voiture motrice et 5 voitures remorquées. Dans ces conditions, le démarrage se fera sur un parcours égal à la longueur du train.

« Tous ces chiffres s'appliquent au cas des voies en palier et en alignement droit. »

Appareil pour la préparation du magnésium et du lithium (1).

M. Borchers vient de réaliser un certain nombre d'appareils de séparation électrolytique destinés aux laboratoires d'enseignement et aux expériences de cours ; ils permettent d'obtenir en petit des réactions qui servent de base à l'industrie et de varier les conditions des expériences en vue d'obtenir les meilleures conditions ou des résultats nouveaux.

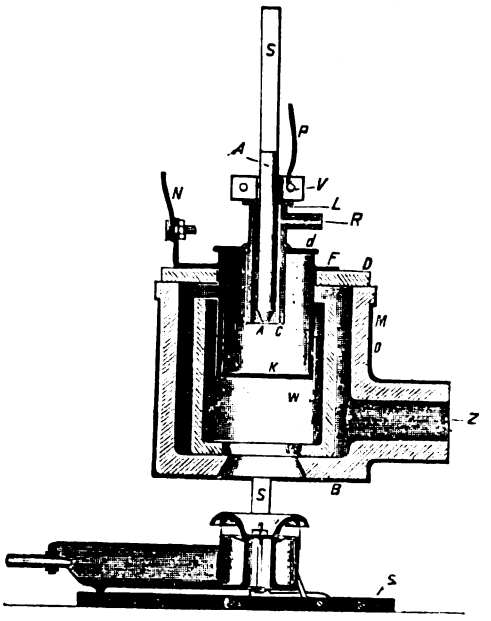


Fig. 1.

Le premier de ces appareils sert à la préparation par voie d'électrolyse du magnésium, du lithium et du beryllium en partant de leurs sels haloïdes fondus.

Un creuset en fer K sert de cathode ; l'anode est une tige de charbon A entourée d'un tube en porcelaine C. Le tout est disposé dans un four Perrot. Le courant entre en P et sort en N ; le chlore s'échappe en R et le gaz de combustion en Z.

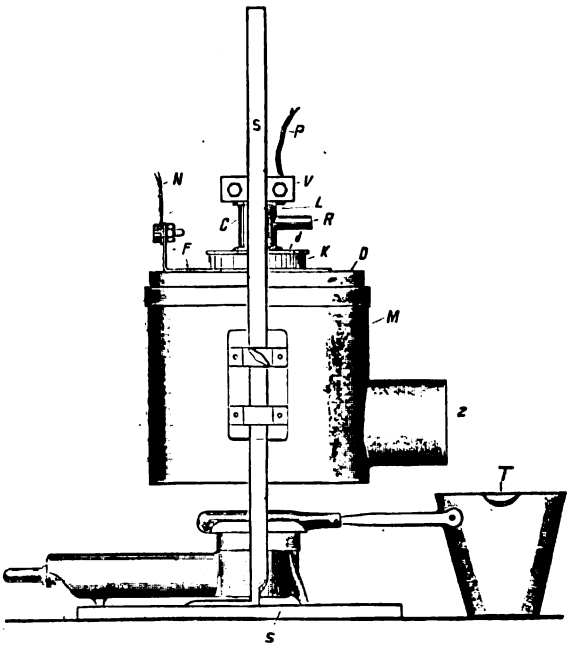


Fig. 2.

Pour mettre l'appareil en train, il est bon de chauffer d'abord le tout sans mettre de matière ; on met le sel dans un creuset séparé T (fig. 2) dans lequel on le fait fondre, puis on le verse dans le creuset en fer K. Pour éviter l'oxydation et l'usure de l'anode A on peut remplir l'appareil de charbon de bois, qu'on retire, bien entendu, lorsqu'on introduit le sel fondu.

M. Borchers se propose, dans une publica-

(1) Zeitschrift für *Electrochemie*, 1894.

Digitized by Google

tion ultérieure, de donner des détails sur la méthode opératoire pour obtenir les différents métaux.

Four électrique Chaplet (1).

Ce four se compose de deux parties : la partie inférieure *a* (fig. 1) et la supérieure *b*, reliées ensemble par du ciment. Dans la partie

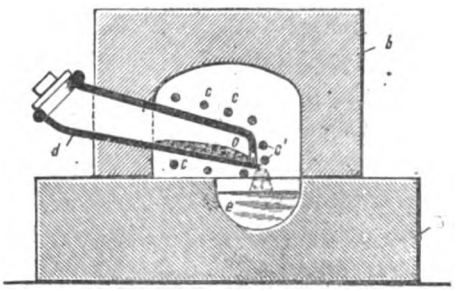


Fig. 1.

inférieure on a creusé une cavité destinée à recevoir la matière fondue ; la partie supérieure qui forme le four proprement dit contient le moufle convenablement incliné et les élec-

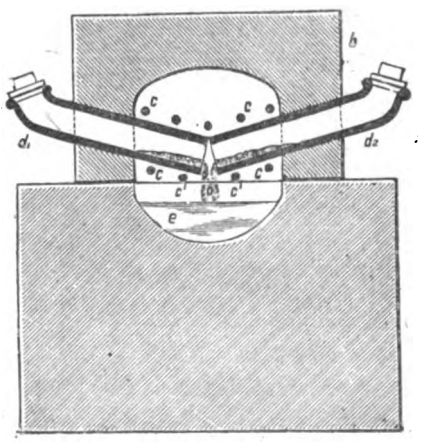


Fig. 2.

trodes mobiles. Les électrodes *c*, *c'* chauffent la masse introduite en *d*, par la chaleur dégagée par l'arc qui jaillit entre les charbons. La figure 2 représente un four double.

(1) Zeitschrift fur *Electrochemie*, 1894, p. 370.

Notes sur les tramways électriques aux Etats-Unis et au Canada, par M. H.-D. Wilkinson (1).

PLATE-FORME ET VOIE

La plate-forme et la voie, en Amérique, diffèrent beaucoup de ce que sont les éléments de même nom en Angleterre. Dans beaucoup de villes, et spécialement dans les faubourgs des grandes villes de l'Ouest, les rails font une saillie de 2, 5 cm. jusqu'à 5 centimètres au-dessus de la chaussée, ce qui rend le passage très pénible pour les autres voitures. C'est que la ligne de fer est regardée comme étant de première importance, en ce qu'elle invite beaucoup de personnes à aller vivre en dehors de la ville et à bâtir sur la prairie, tandis que la chaussée à l'usage des véhicules ordinaires est considérée comme n'offrant qu'un intérêt secondaire. Au bout de quelques années, lorsqu'on a des ressources, on améliore la chaussée en l'exhaussant jusqu'au niveau des rails au moyen de pavés ou de briques émaillées.

Des faubourgs entiers surgissent sur les rives du tramway électrique. Les entreprises de ces tramways sont dues en général à l'initiative de propriétaires fonciers qui cherchent à donner de la valeur à leurs propriétés, et il est très remarquable que des municipalités aient accordé des concessions importantes pour des sommes minimes.

Ces concessions, au bout de quelques années généralement, deviennent d'un excellent rapport pour ceux qui y ont mis leurs capitaux et ont couru les risques qu'elles entraînent ; mais maintenant les municipalités deviennent plus prévoyantes et insèrent dans le cahier des charges quelques clauses en vertu desquelles une partie des bénéfices à venir doit être abandonnée pour servir à la réfection des rues.

Dans la plupart des villes de l'Ouest de l'Amérique, on se sert de rails à T ou à patin fixés à des traverses de bois : mais sur les

(1) L'*Eclairage Electrique* du 1er décembre 1894, page 557.

Digitized by Google

meilleures lignes et dans la plupart des villes de l'Est, on a adopté le rail à rainure sur longrines (c'est celui qui est employé en Angleterre), parce que le roulement y est plus doux, le bruit moindre, et aussi en raison de ce qu'il vient au niveau de la chaussée.

On a suivi, pour quelques lignes, le système anglais de fondations sur béton, en se servant de rails de 23 jusqu'à 25 centimètres sur longrines. On tend actuellement, aux Etats-Unis, à employer des rails sur longrines, très lourds (de 41 à 45 kilogrammes), fixés à des traverses de bois placées à des distances de 1 m. 20 environ, ce qui donne beaucoup de ressort à la voie et permet de donner du jeu aux contacts par assemblage.

Des rails de 33 kilogrammes, que j'ai vu poser sur leurs longrines, avaient une gorge de 2,8 cm. de largeur sur 2,5 cm. de profondeur. La hauteur et la base mesuraient également 9 centimètres. Il y avait d'abord une fondation de 20 centimètres de béton, sur laquelle les traverses (de 15 centimètres sur 20) étaient placées à des distances de 68 centimètres pour être ensuite noyées dedans. On pillonnait alors du sable autour de la base des rails jusqu'à une épaisseur de 5 centimètres, et sur ce sable on posait le pavage. Les aiguilles et leurs dépendances étaient en acier fondu.

Faire revenir le courant directement à l'usine de force motrice avec aussi peu de fuites et de perte de voltage que ppssible est un des problèmes des plus importants que présente la construction des tramways électriques. Sauf pour les retours isolés momentanément, les chemins ouverts pour le courant de retour des voitures à l'atelier de force motrice sont :

1° Les rails et les câbles de retour ;
2° Les fils supplémentaires ;
3° La terre ;
4° Les tuyaux métalliques et les câbles souterrains.

Les gros câbles servant au retour comprennent non seulement les câbles qui relient le point le plus près situé sur les rails aux générateurs placés dans l'atelier de force, mais les câbles venant des points de la ligne plus éloignés, selon les exigences inhérentes à la configuration de la ligne et celles qui résultent de la charge. En cette manière, tout dépend de la position de la station relativement au tracé de la ligne. Le principal objet de leur emploi est de diminuer les pertes de voltage dans les sections éloignées ; néanmoins, dans certaines régions on en a beaucoup augmenté les applications, en les faisant servir à empêcher les effets électrolytiques sur les conduites de gaz et d'eau. Le remède à ce danger est évidemment de disposer un retour métallique de grande conductibilité. Sur les lignes modernes, on a réalisé en grande partie ce desideratum en perfectionnant l'assemblage ; sur les lignes anciennes et mal assemblées, on a obtenu l'effet voulu en installant des câbles de retour.

A Claveland, Ohio, où les perturbations électrolytiques avec les conduites d'eau ont fait recourir à l'emploi de ces câbles de retour, l'action perturbatrice a complètement cessé et en outre on a économisé 25 o/o du voltage. On peut se faire une idée du bénéfice qu'il y a à diminuer les pertes de voltage, si l'on sait que le courant atteignait 3000 ampères et que, pour 50 volts perdus sur la ligne, chaque millier d'ampères, par exemple, représente une perte continue de 70 chevaux-vapeur. Les câbles de retour, dans cette ville, passent au-dessus du sol et sont reliés aux rails par des joints rivetés tous les 152 mètres environ. A Buffalo aussi, on fait grand usage des câbles de retour ; dans l'intérieur de la ville et restent sous terre, sauf les branches qui en sortent ; en dehors de la ville, ils sont aériens.

SYSTÈMES D'ASSEMBLAGE

M. Wilkinson a examiné différents systèmes d'assemblage. Il y a une forme de joint (fig. 1) qui consiste en un mamelon d'acier creusé de manière à recevoir le câble d'assemblage, et de plus aminci et rainuré à un bout. Ce mamelon se visse dans le rail et l'écrou vissé des-

Digitized by Google

sus assujettit le câble dans le mamelon et le mamelon dans le rail. Ce système a été introduit par MM. Stern et Silvermann, de Philadelphie, et il est employé sur les lignes de la

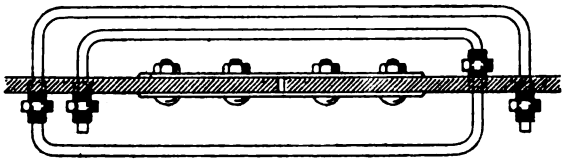


Fig. 1. — Eclissage électrique.

Campagnie de Traction électrique de cette ville. Les câbles d'assemblage sont passés deux ou trois fois à travers le rail en dehors des plaques pour obtenir la conductibilité nécessaire.

On emploie encore beaucoup de systèmes d'assemblage très imparfaits, tels que par exemple celui qui se fait avec des rivets de cuivre ou de fer et du câble d'assemblage soudé (fig. 2).

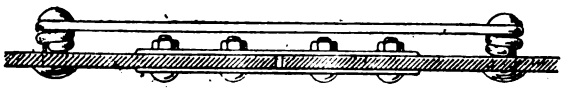


Fig. 2. — Rivet et fil de contact soudés.

Pendant qu'on forme le rivet, il arrive souvent que le joint soudé se détache et que l'assemblage devient inutile.

L'assemblage à broche à rainure (fig. 3) est très employé ; mais il a un grand défaut : c'est que la broche ne peut pas être rivetée et qu'on ne peut pas faire en sorte qu'elle remplisse le trou complètement et qu'il se produit de la corrosion dans l'interstice.

Fig. 3. — Coin à rainure.

La broche à rainure est employée pour les doubles assemblages sur la ligne de Lyon et de Boston (fig. 4).

Un autre moyen d'assemblage est le chapeau d'acier à ressort effilé (fig. 5), qui est ajusté au bout du fil et enfoncé dans un trou du rail un peu moins que son propre diamètre extérieur.

Un joint analogue, à virole également, mais en forme de manchon, a été employé quelque temps sur doubles assemblages et promet beaucoup (fig. 6).

Un perfectionnement considérable consiste à faire le câble d'assemblage, d'une seule pièce,

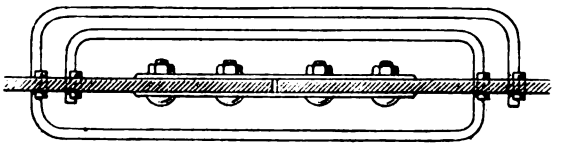


Fig. 4. — Coins à rainures.

avec des rebords pour rivetage formés à chaque bout sur le câble lui-même. Ce système (fig. 7), est dû à M. Mac Tighe, de New-York, et a été très employé. Les avantages sont que l'on obtient des joints métalliques solides, propres et ne laissant pénétrer ni l'eau, ni l'air. M. Mac Tighe préfère les employer par courtes longueurs de 30 cm., 5 à l'intérieur

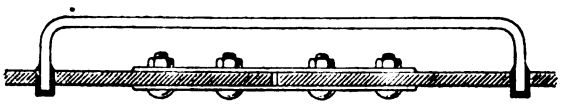


Fig. 5. — Joints à dès.

des plaques au lieu de garder la longueur ordinaire de 76 centimètres : il gagne ainsi de 40 à 50 o/o sur la résistance de l'assemblage. L'assemblage court ne peut être fixé à la matière du rail à cause des plaques, mais il est attaché soit en haut, soit en bas. On fait mieux de l'attacher à la base, car l'usure est

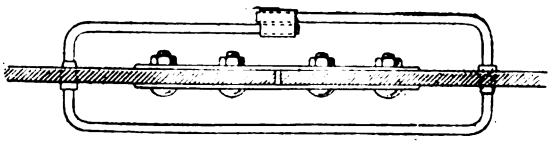


Fig. 6. — Dès et manchons.

moins rapide. Cet assemblage, en tout cas, se relâche tôt ou tard, à cause de la différence dans le coefficient de dilatation du cuivre et de l'acier, et, comme cette différence entraîne une action galvanique, la résistance, d'abord légère, augmente rapidement au joint. On augmenterait certainement la solidité du joint, si l'on parvenait à y couler de la soudure, car la ductilité de l'alliage compenserait l'inégalité de la dilatation et de la contraction.

Digitized by Google

Quelques-unes des anciennes lignes établies aux États-Unis avant qu'on eut apprécié la valeur d'un bon assemblage présentent des pertes de voltage énormes provenant de cette cause. Sur une ancienne ligne de Richemond, Virginie, l'assemblage a été fait au moyen de fils de fer n° 6. Pour un prolongement de 4 kilomètres, on a opéré de même et le résultat a été que, sur 500 volts mis dans la ligne, il n'en a pas apparu plus de 210 à l'extrémité. On a alors remplacé le fil de fer par du cuivre, et la perte a été réduite à 5 o/o.

Les fils métalliques sont sujets à être corrodés par action électrolytique, spécialement dans les sols alcalins. Les fils, par suite s'amincissent et conduisent mal, de plus, une partie du courant passe autour du joint pour se rendre dans le sol, en augmentant ainsi la corrosion. En outre, les fils métalliques, une fois devenus très minces, s'échauffent et fondent en jetant de la sorte une charge supplémentaire sur les autres alimentateurs. On prévient cette action en recouvrant les fils avec de la peinture ou avec de la cire ou de l'asphalte. Au voisinage de la station, de force motrice, il faut, naturellement, augmenter la section ou le nombre de fils d'assemblage.

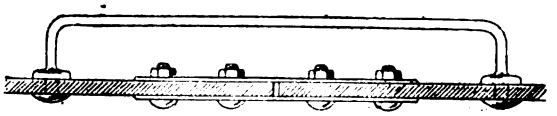


Fig. 7. — Fil de contact avec épaule rivés en une seule pièce.

On a, sur quelques lignes, augmenté la conductibilité du circuit de retour en se servant d'un fil supplémentaire, placé le long de la ligne médiane entre les deux rails; ce fil, qui est ordinairement en cuivre nu, a ordinairement 9 à 12 millimètres de diamètre.

De tous les joints d'assemblage partent des câbles en fil de cuivre tressé qui vont transversalement rejoindre le fil supplémentaire ; quand il y a double voie, les fils supplémentaires de chaque voie sont reliés de 27 mètres en 27 mètres. A Chicago et à Détroit, l'auteur a vu des lignes nouvellement posées avec des fils de ce genre, mais il a vu aussi des lignes récemment ouvertes où les fils supplémentaires étaient considérablement corrodés ; ces fils avaient deux ans d'existence. Il y avait tants de joints dans le système, les fils employés étaient si petits et si peu conducteurs que l'expédient n'a pas paru à l'auteur avoir grande efficacité ni grande durée. Un des principaux usages du fil lui semble être de diminuer les ennuis des autorités municipales en ce qui concerne la corrosion des conduites d'eau et de gaz.

LE RETOUR PAR LA TERRE

En ce qui concerne le rattachement à la terre, l'auteur a observé que, pour la plupart des lignes, il était fait à leurs points les plus bas et à la station de force. Pour l'effectuer on enfonçait dans la terre humide de vieilles roues de voiture, ou des rails, ou des tuyaux, et en rattachant l'objet aux rails aussi bien que possible; mais il ne lui a pas paru que l'on eût grande confiance dans ces retours. Les variations du temps sont sans doute pour quelque chose dans cette suspicion, car la terre sèche et dûre, est mauvaise conductrice. La boue humide elle-même n'est guère conductrice relativement aux rails, comme le prouve l'arc brillant que présentent les roues de voitures courant sur des rails humides.

Le *Street Railway Journal* de décembre 1894 a publié quelques expériences faites par M. James D. Rostron ingénieur en chef de la *Union Railway C°* de Chester, Pensylvanie, relatives au pouvoir conducteur de la terre employée comme retour. M. Rostron a obtenu une moyenne de 285.5 ampères à travers la voie et les fils supplémentaires, 12,8 ampères à travers les conduites d'eau de la ville, et 0,51 seulement à travers les plaques de terre enfoncées dans des anses.

M. Wilkinson pendant qu'il était à Chicago a fait quelques essais pour déterminer approximativement le pouvoir conducteur de la terre est la différence de potentiel nécessaire pour forcer le courant à passer à travers des tuyaux non métalliquement reliés à un cir-

Digitized by Google

cuit. Il mit en terre des tuyaux de plomb et des tuyaux de fer, et, à 38 millimètres au-dessus d'eux il plaça, comme électrodes, deux plaques de fer distantes de 1 m. 80. Chaque plaque avait une surface de 129 centimètres, et le courant passait en partie de plaque à plaque, à travers les 18 décimètres de terre (argile, sable et terre végétale), et en partie à travers les 38 millimètres de terre (argile et terre végétale) à l'autre bout, ainsi que le long des tuyaux (fig. 8). Je m'attendais à ce que la résistance de cette dernière partie fût presque nulle et, comme j'avais 120 volts à ma disposition, je commençai par mettre une résistance en série de 4 lampes à arc parallèle.

Je trouvai que la résistance de la terre était bien supérieure à ce que j'avais prévu, et j'enlevai trois lampes en augmentant très légèrement le voltage sur la lampe restante.

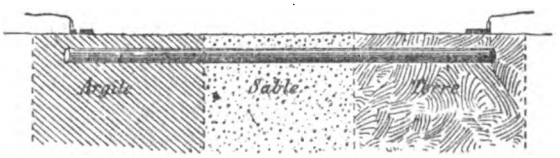


Fig. 8.

Le courant fut alors d'un demi-ampère et la terre absorba 20 volts. Quelques jours après, j'obtins du courant un circuit de 200 volts et je remis les lampes dessus. J'eus alors 2,5 ampères, avec 100 volts absorbés par la terre. Après avoir maintenu le courant pendant deux semaines. J'enlevai les tuyaux et je trouvai qu'ils avaient, par places, aux bouts négatifs, de petits trous de 2 mm. 4 de diamètre, recouverts d'écailles blanches. L'existence de ces trous prouvait qu'une partie, sinon la totalité du courant, avait traversé les tuyaux à travers les 76 millimètres d'argile et de terre végétale. Tout en attribuant cette haute résistance à l'argile qui avait formé un dépôt dur, l'auteur croit encore que la terre a plus de résistance qu'on ne le pense généralement et que, pour attirer à la terre une quantité si petite que ce soit, du courant d'un rail sur lequel l'assemblage est bien fait, il faut des conditions spéciales, telles que des plaques métalliques profondément enfoncées, une communication métallique avec les tuyaux, sol saturé d'humidité ou une excessive densité de courant dans les assemblages.— M. C.-H. Morse a dit à M. Wilkinson qu'en faisant quelques essais à Saginaw, Michigan, il a été surpris de constater que les tuyaux, en deux ou trois mois, avaient été rongés sous l'influence d'un courant de retour qui ne dépassait pas 500 ampères. Le sol était cependant de l'argile très humide et les rails étaient reliés aux plaques de terre.

EMPLOI DES CONDUITES D'EAU ET DE GAZ POUR LE RETOUR DU COURANT

A Milwaukee, Wisconsin, M. G.-H. Benzenberg a éprouvé des difficultés considérables. Les conduites d'eau de la ville et les tuyaux de service s'étaient corrodés en deux ou trois ans ; l'action était plus sensible aux stations de force motrice qu'ailleurs. Défense fut faite alors aux compagnies de tramways de relier leurs rails à n'importe quels tuyaux ; mais l'avantage que ces compagnies avaient trouvé à réduire leurs pertes de voltage en agissant ainsi était si marqué que la pratique continua en dépit de l'ordonnance par laquelle elle était interdite. A la fin on remédia au mal en obligeant les compagnies à établir de bonnes communications avec les conduites d'eau aux points les plus rapprochés de la station de force motrice, auxquels le courant quittait les tuyaux, ces communications étant établies à angle droit avec le courant revenant du tableau de commutations. Il fut prouvé que les tuyaux étaient affectés aux points où le courant les quittait comme des anodes dans un électrolyte et qu'on pouvait les protéger en mettant un conducteur à la terre au lieu d'y mettre l'électrolyte. De cette manière les tuyaux pouvaient être protégés tout à fait, mais à grands frais. Il valait mieux, évidemment, relier ces conducteurs directement aux rails et ne pas les relier du tout aux tuyaux.

Les figures 9 reproduisent, d'après photo-

Digitized by Google

graphie, des spécimens de tuyaux de fonte corrodés.

L'auteur s'est procuré des renseignements sur Boston et Cambridge.

On peut s'imaginer la quantité de courant de retour que l'on a à Cambridge, lorsqu'on sait que la *West End Railroad Company* produit 12,000 chevaux-vapeur. Cette quantité est distribuée par trois stations. Celle qui se trouve à East Cambridge produit, à elle seule, 6000 ampères. Si l'on considère que, sur 432 kilomètres de voie, il y en a plus de la moitié qui est constituée par des rails de 25 kilos et de 31 kilos, posés il y a des années, et ayant des assemblages faits sans soin ou n'en ayant pas du tout, il n'est pas surprenant que les tuyaux et les câbles reliés métalliquement aux rails en place aient été fortement affectés. La *Bell Telephone Company* a essayé de relier ses câbles à la terre en les rattachant à des plaques de plomb enfouies dans des trous, mais ceci ne les protégea pas contre les forts courants qui les traversaient.

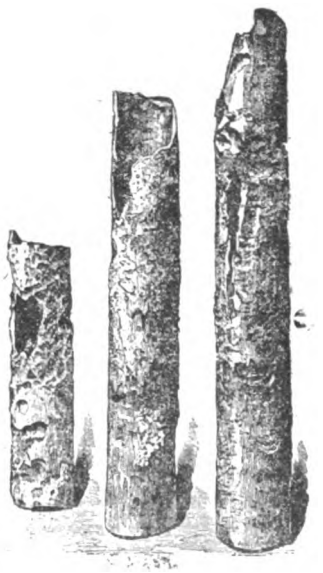


Fig. 9

On a exécuté à Cambridge une curieuse expérience en renversant la direction du courant. Les fils supplémentaires auxquels on recourut comme à un moyen d'augmenter la conductibilité de la voie se corrodèrent tellement que, quand il passait une voiture, il se produisait, entre les rails et la terre une différence de potentiel suffisante pour donner des chocs aux hommes et aux chevaux. Vers la fin de 1891, cet effet fut si prononcé que la *West End Railroad Company* renversa son courant, en faisant positifs les rails et négatifs les fils de tramways. Le courant alors quittait la station par des communications avec la terre, celles-ci comprenant tout le tuyautage de la station, et les tuyaux du condenseur furent attaqués. Il se produisit d'autres troubles à des endroits nouveaux où le courant quittait les tuyaux de la ville pour passer dans les rails. Pour obvier à cet inconvénient, on renversa encore une fois le courant, en refaisant positifs les fils de trolley.

(*A suivre.*) C. B.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES
ET DES
PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Par MM. J. BLONDIN et C. RAVEAU

Société internationale des électriciens.
Séance du 5 décembre 1894

M. P. Boucherot fait un exposé très clair et très étudié de l'installation de *transport de force et d'éclairage par courants polyphasés existant aux ateliers de la Société des Etablissements Weyher et Richemond.*

Après avoir rappelé les avantages qui résultent, pour les grandes usines, de la concentration en un seul point de la production de force motrice et de sa répartition au moyen de l'électricité, et cité l'exemple de la manufacture d'armes d'Herstal et celui des ateliers de MM. Siemens brothers à Charlton, l'auteur indique les raisons qui ont décidé les Etablissements Weyher et Richemond à donner la préférence au courant alternatif sous la forme de courants biphasés à 110 volts.

Les courants biphasés ont été préférés aux courants alternatifs simples pour les raisons suivantes :

1° Les machines à courants polyphasés ont une puissance spécifique plus grande et un rendement plus élevé que celles à courants monophasés. Cela provient de ce que dans ces

Digitized by Google

dernières il existe, outre un flux fixe par rapport aux inducteurs, un autre flux périodique de fréquence double de celle du courant, et qui donne lieu à des pertes notables dans le fer et le cuivre.

2° Les moteurs polyphasés démarrent plus facilement que les monophasés à artifice de démarrage. En outre, comme à potentiel constant leur couple ne passe pas par un maximum à une certaine vitesse, ils ne calent pas sous l'action d'une surcharge. Enfin, on peut en faire varier la vitesse à l'aide de résistances intercalées dans l'induit.

Pourquoi a-t-on choisi les courants biphasés de préférence aux triphasés ? C'est :

1° Qu'ils se prêtent mieux à une distribution mixte de force motrice et d'éclairage ;

2° Parce que les moteurs biphasés sont de construction plus simple.

Restait à comparer au point de vue de cette application le courant continu avec les courants alternatifs biphasés. Cette comparaison est faite pour les génératrices et les moteurs aux divers points de vue du prix, du rendement, des avantages et inconvénients pratiques et des dépenses d'entretien.

1° *Prix.* — Pour les alternateurs de 88 kilowatts, 110 volts et 400 ampères par phase, les prix sont inférieurs de 10 à 15 o/o à ceux des dynamos à courant continu.

Pour les moteurs y compris leurs appareils de démarrage, les prix, à puissances égales, sont les mêmes que pour les moteurs à courant continu.

2° *Rendements.* — Les rendements des alternateurs sont équivalents à ceux des dynamos. Il résulte, en effet, des mesures faites par l'auteur, les chiffres suivants :

Rendement à pleine charge.....	0,913
— à demi-charge.....	0,872
— à décicharge.....	0,605

Quant aux moteurs, les résultats communiqués par M. Boucherot au mois de mai dernier, montrent que leur rendement est en moyenne de 2 à 3 o/o supérieur à celui de leurs congénères à courant continu.

3° *Avantages et inconvénients pratiques.* — Dans les alternateurs, la réaction d'induit est de l'ordre de grandeur de celle des dynamos.

Le couplage en parallèle, dont la praticabilité est mise en doute par quelques électriciens, est pourtant entré absolument dans la pratique. La meilleure preuve en est que l'on peut voir chaque jour aux ateliers de Pantin au moins deux alternateurs en parallèle, et le soir trois. Ces alternateurs fonctionnent ainsi couplés depuis quatre mois.

Les moteurs à champ tournant ne doivent pas être reliés directement à une canalisation ; leur démarrage exige certaines précautions, qui consistent dans l'emploi de bobines de self-induction. Les variations de vitesse sont obtenues par la manœuvre d'un rhéostat intercalé dans le circuit de l'induit.

4° *Dépenses d'entretien.* — Elles sont forcément moindres pour un alternateur que pour une dynamo, puisqu'il n'y a pas de collecteur. Pour les moteurs, elles se réduisent au remplacement de l'huile des réservoirs des paliers. Personne n'est attaché à la surveillance continue des 17 moteurs en fonctionnement, alors qu'avec des moteurs à courant continu, il aurait fallu au moins un homme pour surveiller les balais

Ces 17 moteurs servent à actionner diverses machines-outils. M. Boucherot a fait projeter des vues de plusieurs de ces moteurs ainsi que des génératrices. Comme nous nous promettons de revenir plus longuement sur cette intéressante installation, nous ne ferons ici qu'un résumé de la description donnée par l'auteur.

Les moteurs vont de 1,4 à 45 chevaux ; ils fournissent en totalité 258 chevaux, avec des rendements allant de 0,74 à 0,92, en moyenne 0,90. La ligne absorbant 4 o/o, on arrive à un rendement, entre les poulies des génératrices et celles des moteurs, de 0,785.

L'installation comprend 5 chaudières, dont 3 peuvent suffire à alimenter la machine à vapeur. Celle-ci est du type horizontal, monocy-

Digitized by Google

lindrique à 4 distributeurs. Elle peut donner jusqu'à 400 chevaux, à 60 tours par minute, et sa consommation économique correspond à 200 chevaux. Elle actionne une transmission sur laquelle sont les poulies de commande pour :

1° Une dynamo à courant continu de 110 volts, 100 ampères, qui sert à exciter les alternateurs ;

2° Une petite machine triphase servant aux essais des machines triphasées ;

3° Trois alternateurs de 130 chevaux chacun. Ces derniers, à 12 pôles inducteurs fixes extérieurs donnent à 400 tours par minute, un courant de 40 périodes par seconde. Comme nous l'avons dit, ils fonctionnent en parallèle.

En terminant, M. Boucherot invite les membres de la Société à visiter cette installation, afin de se rendre compte *de visu* de son excellent fonctionnement.

M. C.-L. Guillaume communique à la Société l'étude qu'il vient de faire sur l'accouplement élastique des moteurs à gaz. Nous y reviendrons prochainement.

M. Wuilleumier donne la description très sommaire du tramway électrique, système Claret et Wuilleumier, qui pendant toute la durée de l'Exposition de Lyon a circulé sur les quais du Rhône et conduit les voyageurs à l'entrée du parc de la Tête-d'Or. La ligne, de 3,6 kilomètres de long, a été commencée le 10 février et achevée le 7 avril. Le tramway a été essayé devant les ingénieurs de la ville le 4 mai, et mis en service le dimanche 10 mai. Les 12 voitures électriques ont fonctionné ensuite sans interruption jusqu'à la fin de l'Exposition, c'est-à-dire jusqu'au commencement de novembre, après avoir effectué un parcours total de 115,000 voitures-kilomètres.

M. Wuilleumier explique comment on fut conduit à adopter un système à canalisation souterraine, la traction par câbles aériens avant été écartée pour diverses raisons parmi lesquelles il est assez curieux de trouver l'hostilité des pompiers.

La canalisation du tramway Claret et Wuilleumier se compose de tronçons de rails isolés, encastrés dans des pavés de bois et venant effleurer au niveau du sol. Ces rails conducteurs ont une longueur de 2.80 m. et sont séparés par des intervalles libres de 3 mètres environ.

L'un des pôles de la dynamo génératrice de l'usine est mis à la terre, tandis que l'autre pôle est relié à un câble souterrain posé *à côté* de la voie. Ce câble principal traverse tous les 100 mètres un distributeur logé dans un regard qui peut être visité facilement. Le distributeur est un appareil spécial ayant la forme d'un cadran circulaire à 16 touches sur lequel se meut un levier de contact branché sur le câble principal. Ces 16 touches sont reliées par des fils de branchement aux 16 sections de rails conducteur formant 100 mètres de voie. Le courant est amené au moteur électrique des voitures par des ressorts frotteurs fixés sous le véhicule et qui viennent s'appuyer sur les tronçons du rail conducteur. Le courant de la ligne possède une tension de 500 volts environ, mais cette tension ne présente aucun danger parce que le courant n'est envoyé dans les rails conducteurs que juste au moment où ils sont couverts par la voiture. Cette manœuvre se trouve effectuée automatiquement par le distributeur au moyen d'un mécanisme assez complexe mû soit par un poids, soit par un ressort.

Les distributeurs qui constituent la partie délicate du système ont fonctionné, paraît-il, très régulièrement pendant les 6 mois de l'Exposition et n'ont demandé aucune réparation.

La station génératrice qui contenait une dynamo Thury de 90 kilowatts avait ceci d'intéressant qu'elle était actionnée par un moteur Simplex de 100 chevaux marchant avec le gaz pauvre d'un gazozène Lencauchez.

Des expériences faites à l'usine sur un circuit fixe ont montré que la consommation de charbon maigre par kilowatt-heure variait entre 0,91 kg et 1,18 kg de charbon maigre, ce qui correspond à une consommation de 600 gr. environ de charbon par cheval-heure

Digitized by Google

produit au moteur. La consommation réelle en marche différait peu de ces chiffres, comme on l'a constaté en relevant l'intensité et le voltage moyen en même temps que la consommation de charbon pendant une période de 12 à 15 heures. On a trouvé ainsi une dépense moyenne de 1,96 kg de charbon par kilowatt-heure avec 5 voitures en marche; avec 10 voitures la consommation s'est abaissée de 1,68 kg de charbon par kilowatt-heure à cause de la meilleure utilisation de l'énergie. Ces chiffres font ressortir l'avantage qu'on peut trouver à employer les moteurs à gaz pauvre dans une station électrique, surtout s'il s'agit d'une usine pour traction dans laquelle les irrégularités du moteur n'ont pas grande importance.

M. Hillairet demande à connaître le prix d'établissement d'une canalisation pour traction électrique établi d'une part suivant le système Claret et Wuilleumier, et d'autre part d'après le système par fil aérien.

M. Wuilleumier répond qu'un poste de distribution coûte 320 fr. environ, et que les autres dépenses varient suivant les conditions locales. Il déclare que d'une manière générale le coût de son système est le même que celui d'un système par fil aérien. Il donne comme exemple le chiffre de 21,000 fr. le kilomètre pour une canalisation installée dans Paris.

M. le Président annonce que la discussion relative au tramway Claret et Wuilleumier sera continuée à la prochaine réunion de la Société et lève ensuite la séance.

(A suivre.)

Sur la température de l'arc électrique, par M. J. Violle (1)

M. Moissan a indiqué, dans une des dernières séances, que la température de l'arc paraît augmenter avec l'intensité du courant. Les expériences que je poursuis depuis quelque temps, grâce à l'obligeance de M. Fontaine qui a bien voulu mettre à ma disposition les ateliers de la Compagnie Gramme, me semblent confirmer cette manière de voir, en même temps qu'elles corroborent les faits que j'ai précédemment établis. J'ai pu opérer jusqu'à des intensités de 1000 à 1200 ampères.

En prenant les photographies des charbons avec les precautions voulues (four électrique, cratère dégagé, diaphragme étroit à l'objectif, temps de pose très court), j'ai reconnu que l'éclat du cratère positif était encore exactement le même à 1000 ou 1200 ampères qu'à 10 ampères. Ce cratère est donc bien le siège d'un phénomène physique (ébullition de carbone) caractérisé par une température constante, ainsi que je l'avais déjà établi par des mesures poussées jusqu'à 400 ampères.

J'ai examiné le spectre de l'arc en même temps que celui du charbon positif et j'en ai pris les photographies. La distribution des intensités lumineuses est différente dans les deux spectres. Bon nombre de raies du spectre de l'arc se détachent brillantes sur le spectre continu correspondant au cratère positif; leur éclat est d'ailleurs variable d'un instant à l'autre, et beaucoup de raies dont on suit à peine les prolongements à travers le spectre du cratère positif s'illuminent à certains moments dans toute l'étendue du spectre; l'illumination est d'autant plus vive que le courant est plus intense.

Sans doute les lois de Kirchhoff ne doivent être appliquées ici qu'avec une certaine réserve. On peut douter que l'éclat des raies lumineuses constituant le spectre d'un gaz soit lié à la température par la même fonction que l'éclat des régions correspondantes dans le spectre d'un corps solide. Le doute augmente quand le gaz s'illumine sous l'action de l'électricité, qui paraît capable de se transformer en lumière sans chaleur.

D'un autre côté, si l'arc, se comportant comme un conducteur traversé par un courant, est le siège d'un dégagement de chaleur proportionnel à l'énergie dépensée, sa température doit croître avec l'intensité du courant, d'autant plus que les variations brusques de la

(1) Comptes rendus, t. CXIX, p. 949.

Digitized by Google

résistance amènent à certains moments de véritables décharges qui donnent aux radiations constitutives un éclat considérable. Si l'on tient compte de l'énergie dépensée dans ces décharges avec les courants intenses et les potentiels élevés, on concevra que les températures peuvent devenir très hautes, phénomènes de dissociation mis à part. En tous cas, la cause qui limite la température du cratère positif cesse ici d'agir.

J'ai cherché à évaluer la température de l'arc en y portant une sonde constituée par une mince baguette de charbon. Quand l'arc jaillit entre deux charbons, on voit, ainsi que je l'ai déjà indiqué, cette baguette se creuser du côté positif, tandis qu'elle tend à s'accroître du côté négatif, l'éclat de la cavité positive étant le même que celui du cratère positif, et l'usure d'autant plus rapide que le courant est plus intense.

La même baguette, portée dans l'arc produit entre deux pôles d'un même métal, s'use encore, mais différemment selon le métal employé : lentement avec le cuivre, rapidement avec le zinc; d'ailleurs, elle manifeste une température de beaucoup supérieure au point d'ébullition du zinc (930°). Quand on voit la sonde réduite à un fil de charbon d'un blanc éclatant, il est difficile de ne pas admettre que le milieu environnant, l'arc de zinc, soit lui-même à une température élevée (1).

En somme, j'estime que la température de l'arc est généralement plus élevée que celle du charbon positif et qu'elle croît avec l'énergie électrique dépensée.

O. Grotian. — Magnétisme de cylindres de fer creux et pleins (2).

Les nouvelles recherches ont pour but de fournir de nouvelles données positives relatives à la distribution du magnétisme à l'intérieur de cylindres de fer. Elles ont trait à la surface frontale des cylindres, à la section droite centrale et à l'action qu'exercent les parties extérieures sur l'intérieur.

Le spectre magnétique de la surface frontale d'un barreau de 110 mm. de long ou 33 mm. de diamètre, aimanté faiblement par la bobine qui a servi aux expériences précédentes, est un anneau nettement limité et situé *au bord* de la surface. Les particules de limaille sont orientées de façon que leur prolongement aille rencontrer l'axe du cylindre, à l'intérieur, sous un angle de 45° environ. La limaille adhère à la partie latérale presque jusqu'au milieu.

Ces résultats ont été précisés par une méthode d'arrachement, pratiquée à l'aide d'un petit aimant d'acier pointu, de 2, 3 mm. de diamètre sur 15 mm. de long. L'action totale sur la balance se composait, outre l'attraction directement exercée par le barreau sur l'aimant, du poids de l'aimant 2,26 g. de l'attraction exercée par la bobine seule 0,16 g. et de l'attraction exercée par le barreau non aimanté 0,07 g. Il fallait donc retrancher de chaque poids obtenu la somme 2,49 g. L'intensité du courant avait oscillé de 0,06 ampères; on a ramené les mesures à une intensité constante de 5,19 ampères.

La force d'arrachement est 15 g. environ au centre, et 23 g. à la circonférence; si l'on admet que la force magnétique fasse en ces points un angle de 30° avec l'axe, sa valeur totale correspondrait à un poids de 26,6 g. Une variation du même ordre a été constatée au moyen d'une bobine par la méthode balistique.

Quelle est la forme des lignes de force à l'intérieur du cylindre et comment se répartit le magnétisme sur une section quelconque? Pour résoudre cette question, au moins dans le cas particulier d'une section médiane, l'auteur emploie un appareil composé de deux bobines identiques de même axe, dont les noyaux sont formés par deux cylindres de fer de 80 mm. de diamètre sur 348 mm. de long;

(1) Il se peut aussi très bien que, dans un tube de Geissler, la température soit très élevée, la faiblesse de la masse rendant l'effet thermique insensible.

(2) *Electrotechnische Zeitschrift*, t. XV, p. 80, 1894. *L'Eclairage électrique* du 1er décembre 1894, p. 567.

Digitized by Google

ces noyaux remplissent exactement l'intérieur des bobines et sont presque deux fois plus longs. On amène les faces en regard des barreaux à une distance de 5 mm., les spires les plus voisines des deux bobines étant distantes de 25 mm. Dans ces conditions l'auteur admet que le champ entre les barreaux correspond, en gros, à la distribution du magnétisme qui se produirait dans la section médiane d'un seul cylindre contenu et il détermine à l'aide d'une bobine la valeur du champ à différentes distances de l'axe. Le champ qui *croît* de 5 o/o à une distance de 10 mm. de l'axe est de 10 o/o sur le bord du cylindre. Le champ des 6 bobines seules *décroît* de 10 o/o; l'auteur croit pouvoir en conclure qu'avec une bobine continue, le champ à l'intérieur d'un barreau croîtrait de 20 o/o de l'axe à la périphérie.

Voici encore quelques expériences : On place dans la bobine un des cylindres creux, de 109,75 mm de long; l'épaisseur des parois est 2,10 mm. Pour un courant de 2 ampères, la limaille de fer n'adhère à l'intérieur en aucun point. De la limaille placée sur un disque de carton suspendu à l'intérieur du tube ne semble éprouver aucune action quand on la fait descendre de plus de 15 mm. au-dessous de l'ouverture. A une profondeur inférieure à 10 mm. les particules centrales sont déplacées et à 6 mm., elles viennent toutes vers la circonférence. Résultats analogues, à une profondeur plus grande pour un courant de 5,5 ampères (1).

Un cylindre dont les rayons intérieur et extérieur étaient respectivement 37,5 mm. et 53,5 mm. et la hauteur 6,5 mm. présenta des phénomènes très différents; la limaille placée au voisinage immédiat de la paroi intérieure reste en place, puis à partir d'une distance de 6,2 mm. elle se dirige vers le centre.

Cette expérience est d'accord avec les résultats de M. Schulz, qui a trouvé que le flux produit dans les électro-aimants creux d'une machine à excitation séparée est proportionnel à la section de leur partie solide. Ce résultat différait de celui qu'avait obtenu M. Grotiran dans son premier mémoire, avec des cylindres allongés.

En résumé, l'auteur conclut que les différentes parties d'un cylindre de fer qui n'est pas trop court par rapport à son diamètre, aimanté par un champ uniforme dirigé suivant son axe, prennent, pour des champs faibles, des intensités d'aimantation très différentes, de telle sorte que l'aimantation des parties périphériques soit notablement plus fortes que celles des parties axiales.

C. R.

(1) Ces expériences me semblent démontrer simplement qu'à partir d'une certaine profondeur, le champ devient uniforme à l'intérieur du cylindre creux. — C. R.

Note préliminaire sur le spectre de la décharge électrique dans l'oxygène, l'air et l'azote liquides, par Liveing et Dewar (1).

La décharge est produite entre deux électrodes de platine de dimensions assez grandes pour que leur température ne s'élève pas trop. L'une des électrodes est un disque de 1 cm. de diamètre dont l'une des faces est légèrement convexe; en regard de cette face est placé un fil de platine de 2 mm. de diamètre qui sert de seconde électrode. Ces électrodes sont plongées dans l'oxygène, l'air ou l'azote liquides contenus dans un vase de verre entouré lui-même d'un second vase, et le vide est fait dans l'espace intermédiaire pour diminuer autant que possible l'échauffement des liquides. Les électrodes sont isolées du milieu ambiant par des tubes de verre ainsi que par de la cire ou de la gutta, sauf aux endroits où doivent jaillir les étincelles. Celles-ci sont produites par une puissante bobine d'induction; à cause de la très grande résistance qu'opposent les liquides employés au passage de la décharge, ces étincelles ont moins de 1 mm. de longueur. Dans quelques expériences les électrodes de platine ont été remplacées par des électrodes d'aluminium;

(1) *Phil. Mag.*, t. XXXVIII, p. 235-240; 1894.

Digitized by Google

les résultats obtenus ont été d'ailleurs à peu près les mêmes qu'avec les électrodes en platine.

Avec l'oxygène bouillant sous la pression atmosphérique, c'est-à-dire à — 180° C., on obtenait un spectre continu, très brillant dans le jaune verdâtre et s'étendant à quelque distance de part et d'autre de cette couleur ; les bandes d'absorption de l'oxygène se voyaient très nettement ; on apercevait en même temps un petit nombre de lignes brillantes dont trois dans la région du jaune verdâtre ; l'une d'elles appartient à l'oxygène, les deux autres doivent être attribuées au platine.

En intercalant un condensateur sur le circuit de décharge, le spectre et les lignes devenaient plus brillants, mais le caractère intermittent de la décharge ne permettait pas de faire de mesures précises.

En remplaçant la bobine d'induction par une machine Wimshurst on obtenait un spectre continu montrant les bandes d'absorption de l'oxygène, mais ne présentant pas de lignes brillantes. Quand on ne laissait qu'une seule électrode plongée dans le liquide, le spectre continu devenait moins brillant et les lignes brillantes se détachaient plus nettement. Dans ces conditions, l'auteur a pu observer un plus grand nombre de ces lignes appartenant toutes à l'oxygène ou au platine.

Avec l'oxygène bouillant dans le vide, c'est-à-dire à une température d'environ — 200°, les phénomènes observés étaient sensiblement les mêmes que précédemment tant que les deux électrodes étaient plongées dans le liquide. Mais quand, par suite de l'évaporation, l'électrode inférieure seule se trouvait dans le liquide, l'intensité du spectre continu était considérablement affaiblie et les lignes brillantes devenaient plus facilement observables.

Les effets de la décharge dans l'air liquéfié étaient tout à fait semblables à ceux observés avec l'oxygène tant que la pression restait celle de l'atmosphère et qu'aucun condensateur n'était intercalé dans le circuit de décharge; on avait le même spectre continu. Quand on intercalait un condensateur on voyait apparaître un nombre beaucoup plus grand de lignes brillantes, mais leurs longueurs d'onde n'ont pu être mesurées. Si l'on diminuait la pression, on observait le spectre de bandes de l'azote et l'intensité de ce spectre était relativement grande par rapport à celle du spectre de l'oxygène. A mesure que le liquide s'évaporait et, par suite, s'enrichissait en oxygène, les deux bandes vertes dues à l'oxygène devenaient de plus en plus intenses.

Dans les expériences sur l'azote sous la pression atmosphérique et sans condensateur dans le circuit on observait un spectre continu avec trois lignes brillantes, appartenant au platine, dans le vert et le vert jaunâtre, et quelques autres lignes peu nettes appartenant à l'azote. Quand on intercalait un condensateur, le spectre se composait d'une série de lignes brillantes semblables à celles que donne l'azote gazeux sous la pression atmosphérique. Si l'on faisait le vide au-dessus de l'azote liquéfié on avait le spectre continu, le condensateur étant mis hors circuit, et le spectre de bandes de l'azote, le condensateur étant dans le circuit.

Pour servir de comparaison, l'auteur a observé le spectre de la décharge entre les électrodes de platine plongées dans l'eau pure à la température ordinaire. Sans condensateur il observait un spectre continu où se voyait nettement la ligne rouge C de l'hydrogène ; on apercevait en outre des traces de trois lignes du platine dans le vert et le vert jaunâtre. Avec le condensateur les lignes de l'hydrogène étaient plus diffuses, mais celles du platine étaient plus nettes. Aucune ligne ne pouvait être identifiée avec celles de l'oxygène.

L'auteur attribue la partie continue du spectre aux particules que la décharge arrache aux électrodes ; la coloration que prennent les divers liquides après le passage d'une longue série de décharges montre bien que des particules sont arrachées aux électrodes.

J. B.

Digitized by Google

Calcul du coefficient de self-induction d'un courant circulaire d'ouverture et de section droite données, par G. M Minchin (1).

Bien que ce calcul soit très court, nous ne le reproduirons pas, l'auteur faisant usage de formules établies dans deux mémoires antérieurs (2). Indiquons néanmoins ses résultats, l'emploi continuel des courants circulaires leur donnant une grande importance.

En supposant le courant distribué de telle sorte qu'en chaque point de la section droite du fil sa densité varie en raison inverse de la distance de ce point à la normale du plan du fil menée par le centre de la circonférence qu'il forme, M. Minchin trouve pour le coefficient de self-induction

$$\pi\left[4a(\mathrm{L}-2)+2c\left(\mathrm{L}-\frac{5}{4}\right)-\frac{c^2}{16a}(2\mathrm{L}+19)\right], \quad (1)$$

a désignant le rayon de la circonférence formée par l'axe du fil, c le rayon de la section droite de ce fil et où

$$\mathrm{L}=\log 8a-\log c.$$

Ce coefficient est exprimé en unités absolues si a et c sont exprimés en centimètres; le divisant par 10^9 on a le coefficient de self-induction en secohms.

Pour un fil de 2 mm. de diamètre formant une circonférence de 2 cm. de diamètre moyen, l'expression (1) donne 59,207 unités absolues pour le coefficient de self-induction de ce fil. Si on néglige l'épaisseur du fil on trouve une valeur un peu plus petite : 58,866 unités absolues.

En supposant le courant superficiel, hypothèse très proche de la vérité dans le cas des courants alternatifs de très grande fréquence, l'auteur obtient l'expression

$$\pi\left[4a(\mathrm{L}-2)+2c\left(\mathrm{L}+\frac{3}{2}\right)+\frac{c^2}{16a}(4\mathrm{L}+11)\right] \quad (2)$$

qui donne des valeurs de la self-induction un peu plus grandes que l'expression (1).

M. Minchin fait remarquer que le terme principal

$$4a\pi(\log 8a-\log c-2)$$

des deux expressions précédentes est l'expression qu'a trouvée Maxwell (t. II. § 704) pour l'induction mutuelle de deux courants linéaires circulaires, concentriques, etc., situés dans le même plan, dont les rayons sont a et $a+c$, c étant très petit par rapport à a.

J. B.

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVII, p. 300-304. 1893.

(2) *Id.* t. XXXV, p. 354 et t. XXXVI, p. 201 ; 1893.

VARIÉTÉS

Henri Hertz

La nouvelle année a commencé par une mort tragique et ce coup inattendu a retenti avec une puissance irrésistible, bien au-dela des régions de la science physique. Encore au seuil de l'âge mûr, Heinrich Hertz, arraché à un travail acharné et à des projets immenses, après un effort couronné d'un succès presque sans exemple, est tombé victime d'un mal mystérieux et avec lui un des chefs de notre science, orgueil et espoir de la nation, a été porté au tombeau.

La Société de Physique ne pleure pas seulement le savant, elle possède sur lui des droits d'ordre plus personnel. Souvent il a, à cette place, pris la parole, souvent il a contribué à animer et à éclairer nos débats; presque aucun travail de lui n'a paru pendant son séjour ici, sans qu'il n'en eût d'abord parlé ici dans un cercle plus restreint et, après avoir quitté Berlin, il est resté fidèle à la Société dont il était éloigné. Toute sa vie correspond à la politesse et à la droiture de son aspect. Né le 22 février 1857 à Hambourg, fils aîné d'un avocat, aujourd'hui sénateur et directeur du service de la justice, Heinrich Rudolf Hertz, suivant les coutumes de Hambourg, reçut sa première instruction dans une école secondaire privée et entra plus tard en *Prima* à l'Ecole supérieure de Hambourg, le Johanneum. Encore enfant, il montra, outre une mémoire extraordinaire, des dispositions multiples, en particulier pour les sciences naturelles et appliquées. Une de ses occupations

Digitized by Google

favorites était de travailler à l'établi ou au tour, où il se construisit des instruments de toute espèce pour son usage personnel, en particulier un spectroscope complet. En outre il aimait le dessin et la peinture, et s'occupait aussi de botanique. De très bonne heure, il se plongea, comme tout jeune étudiant en sciences qui va de l'avant, dans les problèmes les plus élevés de l'astronomie, de la physique et de la mécanique, où il dépassait naturellement de beaucoup ses condisciples. Mais dans d'autres branches, en particulier dans les sciences linguistiques, il montrait du goût et une aptitude prononcée. Il s'adonna avec ardeur aux études classiques et il pouvait encore, dans ces dernières années, réciter des pages d'Homère ou des tragiques grecs. Même en sanscrit et en arabe, que dans sa soif de savoir il avait commencé a étudier, il fit de tels progrès que son professeur conseilla sérieusement à son père de lui faire poursuivre ses études philologiques, assurant qu'il obtiendrait certainement dans cette voie des résultats surprenants. Mais tous ces traits ne donneraient qu'une idée incomplète de sa personnalité, si je n'y ajoutais immédiatement l'autre aspect, le sentiment du devoir toujours exprimé avec une force toute particulière, qui distingue Hertz, dès son enfance; c'est dans l'union de ce sentiment avec ses hautes aptitudes intellectuelles, assaisonnées d'une bonne humeur naturelle, qu'il faut chercher les causes déterminantes qui ont influé sur sa vie. En quittant le gymnase, en 1875, muni du certificat de maturité, il alla d'abord, dans l'intention d'embrasser la carrière d'ingénieur, à Francfort-sur-Mein, où il travailla, en qualité de volontaire, au bureau des constructions de la ville, à la construction du nouveau pont du Mein; il passa ensuite un semestre au Polytechnikum de Dresde et accomplit son année de service militaire comme engagé volontaire à Berlin dans le régiment des chemins de fer. A l'automne de 1877, il put continuer ses études et alla d'abord à Munich. C'est là, qu'à son entrée à l'Université, il se décida finalement pour la science pure, non pas que jusque-là un goût suffisant lui eût manqué — à aucune époque ce goût ne lui a fait défaut, — mais parce que, n'étant pas encore placé au point de vue convenable, il avait jusque-là mal apprécié ses aptitudes dans cette direction.

Les dernières années et les plus fructueuses de ses études se passaient à Berlin. Là, en première ligne Hermann von Helmholtz, et ensuite Gustave Kirchhoff ont, par leur exemple et leur enseignement, exercé sur sa pensée scientifique une action durable s'étendant aux détails, en retour de laquelle il professa toute sa vie, pour ces deux hommes, un fervent attachement. Son premier grand travail, qu'il exécuta dans cet institut, alors nouvellement bâti, fut provoqué par la mise au concours, pour l'année 1879, d'une question par la faculté de philosophie et couronné après son achèvement. Il avait trait à la recherche expérimentale d'une force vive, si elle existe, des quantités d'électricité qui se déplacent dans le courant galvanique. Si l'on accepte l'idée de Wilhelm Weber que dans le courant électrique deux fluides subtils, mais néanmoins doués d'inertie, l'électricité positive et négative, coulent avec la même vitesse et la même densité dans des directions opposées, la force vive de ce mouvement donne pour chaque courant une expression qui s'ajoute comme terme complémentaire à l'énergie électrocinétrique, exprimée par le potentiel propre, et a par conséquent le même effet que si le coefficient de self induction qu'on déduit de ce potentiel était augmenté d'un terme constant. Hertz réussit, en mesurant les extra-courants qui se produisent dans deux fils extrêmement voisins l'un de l'autre, à démontrer que la force vive en question des électricités en mouvement, si elle est différente de zéro, doit certainement être inférieure à une très petite quantité définie donnée. D'abord ce résultat n'est vrai qu'à la condition que la densité des fluides électriques n'est pas exactement proportionnelle à la conductibilité spécifique du conducteur métallique employé. En effet, son dispositif (pont de

Digitized by Google

Wheatstone) était tellement choisi que, si cette relation avait justement été exacte, une inertie possible de l'électricité en mouvement n'aurait pas pu se manifester dans les mesures. Il considéra ce point avec plus de soin et put bientôt, par l'emploi d'une méthode plus avantageuse, non seulement écarter cette restriction, mais encore abaisser notablement cette limite supérieure. Il faisait tourner une lame de métal horizontale autour d'un axe vertical, tandis qu'un courant arrivait et sortait par deux points fixes. Si l'électricité du courant possédait la plus faible inertie, ceci devait se manifester par un déplacement latéral des lignes de courant. Aucune action de ce genre ne fut observée. On se fait une idée de la petitesse de la limite trouvée ainsi en prenant pour terme de comparaison ce qui se passe dans un électrolyte. Ici le courant est lié au transport de la matière, la vitesse des ions est d'ailleurs très petite et leur force vive, proportionnelle aux masses mobiles et au carré de leur vitesse, l'est également; et cependant cette force vive facile à calculer est encore assez grande vis-à-vis de celle de l'électricité même pour que l'inertie de l'électricité soit négligeable par rapport à celle des ions.

En mars 1880 Hertz fut promu (*promovirte*) avec une dissertation sur l'induction dans des sphères conductrices ou des sphères creuses tournant entre des aimants. Il intégrait les équations différentielles du problème déduites de la théorie de Neumann en décomposant le potentiel inducteur en fonctions sphériques. Pour de petites vitesses de rotation on peut faire complètement abstraction de la self-induction ; pour de grandes vitesses de rotation, la self-induction devient si notable que le courant disparaît complètement dans les couches intérieures et est rejeté sur les parties superficielles du conducteur. Comme une sorte de pendant à ce travail parut bientôt une étude également théorique, qu'il publia étant déjà assistant à l'Institut de physique, sur la distribution de l'électricité sur la surface des corps en mouvement, en particulier des sphères tournantes. Ici la rotation ne se produit plus dans un champ magnétique mais dans un champ électrostatique. Les phénomènes résultants sont essentiellement déterminés par le rapport de la résistance spécifique du conducteur, mesurée en unités électrostatiques à la durée de rotation (rapport qui est, comme on sait, un nombre abstrait). Les deux cas extrêmes sont réalisés dans la nature. Dans les métaux, la résistance est infiniment petite ; dans les bons isolants elle est infiniment grande par rapport à la durée de rotation. Dans ces deux cas particuliers, il ne peut se produire aucun ralentissement de la rotation : dans le premier, parce que le potentiel à l'intérieur du métal est toujours constant et que par suite, les courants ne possèdent aucune tension notable; dans le second, parce qu'il ne se produit aucun courant. Mais dans le cas général, il se produira un amortissement, parce que les changements de distribution de l'électricité qui tendent à se produire font naître des courants, qui produisent de la chaleur de Joub. Hertz fit exécuter à une aiguille horizontale, portant à ses extrémités de petites plaques de laiton, des oscillations de torsion horizontales au voisinage immediat d'une lame de verre mauvais conducteur horizontale et obtint en réalité un accroissement très notable de l'amortissement aussitôt qu'il donnait aux petites plaques une charge électrostatique.

Des résultats moins positifs ressortent d'un travail que Hertz exécuta aussitôt après sur la vaporisation du mercure dans le vide. Il faisait passer par distillation du mercure chauffé dans le vide dans un espace à température constante et inférieure, par exemple 0°. Il se proposait de déterminer la vitesse d'évaporation comme fonction définie de la température de la surface du liquide et de la tension de vapeur. Mais l'accomplissement de ce projet se heurta à la complexité du phénomène et à la difficulté qu'elle introduisait dans les mesures de température ou de pression. Pour ne citer qu'un point, il avait d'abord supposé que la pression de la vapeur de mercure qui distillait

Digitized by Google

était dans tout l'espace égale à celle de la vapeur saturée au point le plus froid de cet espace — résultat qui serait certainement indubitable, si la pression était la même partout. Mais une observation plus attentive montra que cette hypothèse n'était pas même approximativement vérifiée. De même la température au voisinage de la surface qui se vaporise subit de fortes variations d'un point à l'autre, par suite de l'absorption de chaleur qui se produit. Finalement il se borna à fixer des limites définies entre lesquelles se produisent les phénomènes réels. Toutefois à cette occasion, s'appuyant sur les principes généraux de la thermodynamique, il a effectué le calcul important pour la machine pneumatique à mercure, de la tension de vapeur saturée du mercure aux basses températures.

A la même époque il s'attaqua aussi aux problèmes de la théorie de l'élasticité, tout d'abord dans un travail sur le contact des corps solides élastiques. Il montra que la théorie détermine complètement toutes les conditions de l'équilibre dans deux corps élastiques pressés l'un contre l'autre, aussi bien les déformations que les tensions; qu'en particulier la surface de contact, une petite surface du second degré, qu'il appela surface de pression est limitée par une ellipse, dont les dimensions croissent comme la racine cubique de la force avec laquelle les deux corps pressent l'un contre l'autre. A ce travail se rattachent d'autres semblables, dont un pourrait encore être cité, qui contient une définition de la dureté d'un corps. Comme mesure de la dureté on propose la pression normale qui s'exerce au centre d'une surface de pression circulaire du corps, au moment où la limite d'élasticité est atteinte. D'ailleurs cette définition présente la même incertitude qui s'attache à la détermination d'une limite d'élasticité.

Mais bientôt il fut ramené aux recherches expérimentales, son champ préféré, dans lequel il reconnaissait avec raison, cette fois sur les phénomènes de décharge. Il avait rencontré un phénomène particulier dans la production de l'étincelle dans de l'air sec moyennement raréfié; une étude plus complète lui montra que ce n'était que le mouvement mécanique d'un nuage gazeux brillant. Il étudia avec plus de détails les phénomènes de la décharge en effluves d'une batterie constante. La première question était : la décharge en effluves est-elle toujours disruptive, comme on l'a prouvé certainement pour les batteries constantes dans beaucoup de cas, ou est-elle souvent aussi rigoureusement continue? En appliquant des méthodes de plus en plus délicates, il put enfin démontrer qu'il y a des décharges en effluves qui, si elles sont disruptives, fournissent au moins deux billions de décharges séparées par seconde, de sorte qu'il doit, selon toute vraisemblance, les considérer comme parfaitement continues. Une seconde question concerne la lumière cathodique : Les rayons cathodiques indiquent-ils le chemin du courant? le courant est-il en relation directe avec les rayons cathodiques? et s'il n'en est rien, comment sont dirigées les lignes de courant, c'est-à-dire les lignes de décharge véritables? A la première partie de la question, qui, l'action connue d'un aimant sur les rayons cathodiques, il fallut après toutes les expériences variées, répondre par la négative; Hertz avait prouvé que, si un aimant agit bien sur les rayons cathodiques, les rayons de cathode n'agissent pas réciproquement sur un aimant et il put, dans certains cas, déterminer la position des lignes de courant en explorant le champ de décharge à l'aide d'une petite aiguille aimantée. Ces lignes s'écartaient visiblement des rayons de cathode, auxquelles elles pouvaient devenir normales. Ainsi les lignes de courant et les rayons de cathode sont à priori entièrement indépendants, et l'action d'un aimant sur les rayons de cathode ne doit pas être comparé au phénomène de Hall mais en quelque sorte à la rotation magnétique du plan de polarisation de la lumière.

Il faut citer enfin, pendant ce séjour à Berlin, quelques autres petits travaux expérimentaux

Digitized by Google

dont il s'occupa par occasion, tels que la construction d'un hygromètre dont le principe repose sur l'accroissement de poids que le chlorure de calcium éprouve par absorption de la vapeur d'eau, puis celle d'un électrodynamomètre, qui mesure l'intensité d'un courant alternatif par la dilatation thermique d'un fil d'argent traversé par un courant au moyen d'un appareil de torsion et qu'il utilisa à ses recherches sur la décharge en effluves, enfin une recherche sur la façon dont se comporte la benzine ou point de vue de l'isolement et du résidu. En partant des vues nouvelles, d'après lesquelles la formation du résidu dans une substance est toujours due à un défaut d'homogénéité dans son intérieur, il chercha à trouver un corps incontestablement homogène, qui cependant présente un résidu. La benzine pure du commerce qu'il considérait comme convenable dans ce but ne satisfaisait pas à ces conditions ; car tant qu'il s'y trouva un résidu notable, des impuretés y furent constatées. Plus tard, des expériences exécutées au laboratoire de Strasbourg par M. Léo Arms, ont, comme l'on sait, rendu extrêmement vraisemblable le fait que la formation de résidu dans l'intérieur d'une substance a en réalité toujours pour cause un défaut d'homogénéité, à savoir la variation suivant le point du rapport de la conductibilité à la constante d'électrique.

Chacun des travaux rappelés jusqu'ici, qui ont été achevés en une période de trois ou quatre ans met en pleine lumière, même quand les résultats obtenus ne correspondent pas à l'ingéniosité et à l'ardeur déployées, outre la puissance de travail extraordinaire, la richesse d'idées, la solidité de l'éducation et avant tout la prudente critique de l'auteur exerçant sur lui-même ; leur étude serait encore aujourd'hui pour tout jeune physicien un encouragement et un enseignement. On doit remarquer que beaucoup des résultats qui y sont contenus se présentent sous une forme négative : « Il n'y a pas de force vive de l'électricité en mouvement, la décharge en effluves n'est pas toujours discontinue, les rayons de cathode n'indiquent pas toujours la direction du courant, » etc. On voit qu'il se préoccupait beaucoup moins d'obtenir des succès extérieurs par la découverte de faits nouveaux et étonnants — dans beaucoup de cas des recherches précédentes permettant de prévoir les résultats — que de se faire à lui-même une idée exacte de la nature des phénomènes en introduisant la clarté nécessaire par des méthodes absolument exemptes d'objections et qui mènent néanmoins aussi loin que possible. Il faut ajouter qu'il ne se contentait jamais d'énoncer simplement des propositions, mais qu'il fixait toujours, par la détermination des valeurs limites, jusqu'à quel degré la proposition était justifiée par ses expériences variées dans les directions les plus différentes, avec tout le soin nécessaire, et c'est là précisément ce qui caractérise l'expérimentation *scientifique*. Il est certes bien plus facile, et cela sonne mieux d'énoncer un résultat sans indication de limites, simplement comme valable, en se réservant de communiquer les limites pour les éventualités possibles. C'est ce que Hertz n'a jamais fait ; il n'a jamais craint d'entreprendre ces calculs de limites dont l'exécution, dans certains cas, à cause des nombreuses influences diverses à considérer, présente des difficultés d'ordre physique aussi bien que mathématique et nécessite tout le coup d'œil d'un physicien qui possède des notions générales.

En 1883, Hertz fut agrégé (*hobilirte*) à l'université de Kiel et reçut immédiatement une chaire de physique théorique. Cette circonstance et la facilité moindre qu'il avait de faire des expériences dévièrent pendant quelque temps son activité vers les recherches théoriques. Peut-être les impressions toujours nouvelles, qui posent sans cesse des problèmes au physicien du port de Kiel, sur lequel il se livrait souvent, en compagnie d'un cercle joyeux de collègues de son âge, au plaisir des excursions en bateau à vapeur ou à voile et peut-être aussi sa tendance naturelle à concevoir l'unité de la nature

Digitized by Google

pour appliquer les études de laboratoire à la grande nature l'influencèrent-elles; quoiqu'il en soit il commença à ce moment à s'occuper activement d'études météorologiques. Déjà il avait eu l'occasion d'étudier l'action des astres sur les marées ; il étudia alors une méthode graphique de détermination de la dilatation adiabatique de l'air humide. On sait qu'on obtient deux sortes de courbes, dont le tracé donne une idée d'ensemble des variations dont nous parlons, tant que l'air n'est pas saturé de vapeur d'eau, la dilatation adiabatique se produit à peu près comme pour un gaz parfait suivant une courbe de la première espèce, jusqu'au moment où la saturation a lieu. A partir de là, l'air en se dilatant encore reste toujours exactement saturé, une quantité correspondante de vapeur de dépose, dégage de la chaleur et produit un changement d'état qui est représenté par une courbe de la seconde espèce.

C'est à Kiel qu'il publia les études déjà très avancées à Berlin sur l'équilibre d'une lame élastique flottante, par exemple une lame de glace sur l'eau, qui porte un poids en son centre, problème intéressant à plus d'un point de vue. La résolution complète de ce problème en s'appuyant sur les équations générales de la théorie de l'élasticité nous apprend en particulier ce qui suit : Si la plaque est indéfinie, le poids placé en son centre produit une dépression élastique, tout autour un relèvement, mais non un relèvement graduel jusqu'au niveau normal, mais, ce qui est très curieux, des relèvements et des dépressions périodiques dont les hauteurs vont d'ailleurs en décroissant rapidement vers l'extérieur. Ce qui est encore plus remarquable, c'est que l'élévation d'eau causée par la dépression est toujours exactement égale au poids ajouté, quelque soit l'épaisseur et le poids spécifique de la lame. Ainsi une grande lame de glace peut porter un poids *quelconque* placé en son centre, quelque mince qu'elle soit, tant que la limite d'élasticité n'est pas dépassée, c'est-à-dire que la possibilité de supporter un poids n'est pas limitée par la légèreté, mais par la solidité de la glace. Ces conclusions semblent paradoxales si l'on suppose les lames limitées. Une lame limitée dont le poids spécifique est plus grand que celui de l'eau, ira naturellement à fond si on la place horizontalement à la surface de l'eau. Mais si on la charge suffisamment en son centre, elle flottera par suite de sa courbure et cela d'une façon d'autant plus certaine que le poids est plus considérable, à condition qu'elle ne se rompe pas. Si le poids diminue peu à peu la faculté de flotter diminue et pour une certaine limite, la lame s'enfonce avec le reste du poids.

C'est ainsi que chaque fois qu'il se posait une question, il allait jusqu'à ce qu'il l'eut complètement sondée. Les difficultés mathématiques ne l'inquiétaient jamais, en principe il déclairait qu'on ne devait pas en tenir compte. Un problème physique doit d'abord, par la suppression de toutes les complications accessoires, qui n'ont d'autre résultat que de compliquer leur étude mathématique, être ramené à sa forme la plus nette et la plus simple. « Tout va mathématiquement » disait-il « il suffit de se placer au bon point de vue. » Pour le faire il ne faut pas être seulement mathématicien, mais aussi physicien. L'analyse le conduisent-elle à un résultat inattendu ou en contradiction avec les opinions admises, il n'hésitait pas un seul instant à reconnaître les conséquences logiques comme les seules justifiées et à modifier les opinions en conséquence. Il en était autrement quand le résultat du calcul était en conflit avec un fait. Chez Hertz la conviction de l'accord des lois de la nature avec celles de la logique humaine était trop devenue un besoin de l'existence pour qu'un pareil cas ne lui causât un véritable tourment. Il arrivait alors parfois que pendant des heures entières, complètement isolé du monde extérieur, absorbé dans sa pensée, il allât de long en large, sifflant une mélodie jusqu'à ce qu'enfin il eût trouvé la faute et que le calme se fut rétabli dans son esprit.

(*A suivre.*) C. RAVEAU.

Digitized by Google

CHRONIQUE

L'industrie électrique en France

Aouste (*Drôme*). — L'éclairage électrique de cette ville a été inauguré le 25 novembre.

L'usine établie par M. Warnecke, ingénieur de la maison Luc, Court et Cie, de Lyon, utilise une force motrice hydraulique. Le concessionnaire de la distribution électrique est M. Appaix.

Clisson (*Loire Inférieure*). — A un kilomètre en avant de Clisson, sur la Sèvre se trouve, dit un de nos confrères, l ancien moulin de Plessard que M. Raould, électricien à Landerneau, transforme en usine électrique.

Deux turbines Hercule, de la maison Singrün, d'Epinal, d'une puissance individuelle de 15 chevaux, actionnent deux dynamos Brown, de 10 kilowatts sous 125 volts, construites par MM. Weyher et Richemond, de Pantin. Le rendement électrique de ces dynamos atteint 85 o/o. Au printemps M. Raould installera un moteur à vapeur de 40 chevaux, et l'on pourrait au besoin, pendant l'hiver, demander à la rivière une force motrice auxiliaire de 30 chevaux, portant à 100 chevaux la puissance maxima de la station.

La distribution est effectuée par réseau aérien à trois fils. L'énergie est rendue à raison de 0,90 fr. le kilowatt-heure, et l'on compte pouvoir livrer dans la journée la force motrice à 0,20 fr. le cheval-heure; la lampe de 16 bougies est payée à forfait 60 fr. par an.

Par une anomalie singulière, la ville de Clisson elle-même ne sera pas éclairée à l'électricité : actuellement, et en vertu d'un traité dont l'effet se prolonge encore huit années, les rues de Clisson sont munies de 40 lampes à pétrole allumées jusqu'à dix heures pendant les 120 soirées privées de clair de lune, d'après le calendrier. En bon émule des gaziers, le pétrolier s'est refusé de céder la place à l'électricien qui offrait au Conseil municipal d'établir gratuitement l'éclairage électrique en remplaçant par 45 lampes à incandescence allumées quotidiennement les 40 lampes à pétrole intermittentes.

La Talaudière (*Loire*). — Dans cette ville de plus de 3,000 habitants l'éclairage électrique a été inauguré le 23 septembre.

Troyes (*Aube*). — La ville de Troyes vient d'adopter l'éclairage électrique pour le théâtre municipal. La Compagnie nationale d'électricité, qui possède dans cette ville une station centrale, étudie le remplacement de l'éclairage au gaz par la lumière électrique, pour les deux gares de Troyes-Ville et de Troyes-Preyse. La Compagnie de l'Est a décidé d'employer cet éclairage à cause de l'agrandissement de ces deux gares.

Il a été assez difficile dans ces derniers temps de suivre les complications qu'ont rencontrées les différents projets pour la construction à Berlin et à Vienne de chemins de fer électriques urbains. La question a été récemment étudiée par la Société électrotechnique de Vienne qui s'est prononcée pour l'adoption de l'électricité dans les moyens à employer pour faciliter le transport dans ces villes.

Cette Société s'est également occupée des recherches faites par M. van Vloten sur l'état actuel de la traction électrique dans les différents pays d Europe. Du rapport très détaillé nous extrayons le tableau suivant indiquant la position relative des différents pays à la fin de l'année 1893. Les chiffres donnent, si nous comprenens bien, la longueur des lignes en kilomètres :

	En service	En construction	Total
Allemagne.....	102,0	66,1	168,1
Angleterrre.....	71,4	21,4	92,8
France..	41,4	29,0	70,4
Suisse.....	23,6	10,6	34,2
Autriche-Hongrie.	33,4	—	33,4
Belgique.....	3,2	18,5	21,7
Espagne.....	14,0	—	14,0
Italie.....	13,0	—	13,0
Russie.....	3,0	7,0	10,0
Serbie.....	—	10,0	10,0
Suède et Norvège.	—	6,5	6,5
Roumanie.....	—	5,5	5,5
Hollande.....	4,9	—	4,9

Pour l'Exposition universelle de 1900, différentes propositions ont été faites pour l'établissement de trottoirs mouvants, dans le genre de ceux de l'Exposition de Chicago. La force motrice serait naturellement transmise électriquement aux moteurs de cet engin de locomotion original.

Digitized by Google

Signalons la publication en Allemagne, sous le titre de *Zeitschrift für Beleuchtungswesen*, d'un organe consacré exclusivement à l'industrie de l'éclairage. Cette revue, hebdomadaire, comptant parmi ses collaborateurs de nombreuses notabilités de l'industrie électrique, contient des articles de théorie et de pratique sur l'éclairage au gaz, au pétrole et sur l'éclairage électrique.

La ligne téléphonique de Toulouse à Paris, par Limoges sera ouverte le 10 décembre. Les lignes de Toulouse à Bordeaux par Montauban et Agen, et de Toulouse à Cette par Carcassonne, Narbonne et Béziers, ne seront inaugurées qu'en mars par suite de certaines difficultés d'installation.

Vendredi dernier a eu lieu au Palais de l'Industrie, l'ouverture officielle du deuxième salon du Cycle, exposition annuelle de la vélocipédie, organisée sous le patronage, et par les soins de la Chambre Syndicale, de l'Industrie vélocipédique, M. Lourties, ministre de l'Industrie et du Commerce a honoré de sa visite cette imposante manifestation du génie national et a hautement félicité de leur zèle et de leur initiative les propagateurs de cette exhibition sans précédent, notamment le sympathique commissaire général M. Bivort, M. Girandeau secrétaire général, MM. Thévin et Houry délégués, et Onfray, Pouget, Lucas et Wolber, membres du Comité d'organisation.

Le salon du Cycle occupe toute la nef de notre palais de Cristal français : 2400 vélocipèdes de toutes marques s'y trouvent réunis, et on peut constater que de nouvelles améliorations et perfectionnements ont été apportés à la construction de ces machines. Tous les systèmes actuels d'autolocomotion, par la vapeur et par le pétrole, se trouvent également représentés dans une section spéciale et permettent de reconnaître que, là encore, des progrès considérables ont été accomplis dans cet ordre d'idées, en moins de cinq ans.

Pour donner une idée de l'état de l'éclairage électrirque, il ne suffit pas, comme on le fait trop souvent, de tenir compte seulement des installations d'éclairage recevant leur courant d'une station centrale, en admettant *a priori*, que cette catégorie de consommateurs représente la grande majorité. Il est nécessaire d'y ajouter les multiples installations privées, grandes et petites, qui produisent elles-mêmes leur force motrice.

Cette statistique est évidemment assez difficile à établir. Pour l'Allemagne, M. Rasch en a fait un essai, et nous donnons ci-dessous une partie des chiffres qu'il a pu recueillir pour une douzaine de villes ayant plus de 100,000 habitants. La puissance électrique totale absorbée dans ces différentes villes par habitant est exprimée par son équivalent en lampes de 16 bougies.

Villes	Nombre d'habitants	Nombre de lampes par habitant	o/o des lampes alimentées par des stations centrales
Aix-la-Chapelle	103 462	135	43
Barmen..	116 248	203	41
Berlin.....	1578 685	195	60
Brême.....	124 760	279	60
Breslau	335 174	129	38
Cologne.....	281 337	130	57
Düsseldorf....	150 000	211	62
Elberfeld	125 830	115	88
Hambourg....	570 534	133	19
Hanovre.....	163 100	208	39
Koenigsberg..	161 528	105	65
Stettin.....	116 239	149	71

Ainsi, à Berlin même, 40 o/o de toutes les lampes sont alimentées par les installations isolées ; et dans une ville comme Hambourg, ayant plus d'un demi-million d'habitants avec, en moyenne, 133 lampes par habitant, le cinquième à peine de toutes les lampes reçoit son courant d'une station centrale.

On se fait quelquefois une idée exagérée de l'extension que prendrait l'emploi du moteur à gaz dans les installations isolées. La statistique de M. Rasch s'étend sur 4776 installations. Dans ce nombre, 1038 sont actionnés par moteurs à gaz, 181 par des turbines ou des roues hydrauliques, 6 par des moteurs à pétrole et 5 par d'autres moteurs ; toutes les autres emploient des machines à vapeur. Sur 100 moteurs, on en trouve donc 74 à vapeur, 22 à gaz et 4 moteurs hydrauliques ; et il faut remarquer que cette statistique est limitée aux villes possédant des usines à gaz.

Digitized by Google

M. Guglielmo indique un nouveau type d'électromètre absolu, qui consiste essentiellement en un vase plat contenant un liquide conducteur et communiquant avec une burette ; un disque métallique bien horizontal est fixé au-dessus du niveau du liquide. Quand ce disque est chargé, il attire le liquide, dont le niveau s'élève. Pour ramener au niveau initial, il faut soutirer une certaine quantité de liquide, quantité dont le poids ou le volume est une mesure de la différence de potentiel. Le niveau est repéré à l'aide d'une pointe touchant la surface du liquide ; pour ce dernier il convient de prendre des solutions salines ou de l'eau acidulée de préférence au mercure.

La foudre produit souvent, comme on sait, des effets très bizarres.

En suivant la route d'Epernay à Montmirail, on peut voir en face de Baizil les conséquences curieuses d'une décharge électrique.

Vingt-trois poteaux télégraphiques, se succédant avec ou sans solution de continuité, ont été frappés de la foudre pendant un orage récent, et sans aucun doute, du même coup.

Tous portent des empreintes différentes du passage du fluide électrique : les uns ont été fendus dans toute leur hauteur ; à d'autres des copeaux plus ou moins larges ont été enlevés ; certains ont leur sommet déchiqueté ; sur plusieurs, enfin, le passage du fluide est nettement marqué par une spirale régulière s'enroulant comme un serpent autour de leur fût.

Sil est donc dangereux de s'abriter pendant un orage sous le feuillage des grands arbres, il est non moins imprudent de s'approcher des poteaux de télégraphe.

D'après un rapport du secrétaire d'Etat des Postes, l'empire allemand comptait au 1er octobre dernier 6020 installations électriques. 5830, soit 97 o/o de ces installations seront principalement à l'éclairage électrique Le nombre total des lampes à incandescence était de 1 005 000, celui des lampes à arc, de 48 800. La majorité des installations emploient le courant continu. On ne compte que 353 installations se servant exclusivement de courants alternatifs et 19 à courants polyphasés.

M. O. von Miller, ingénieur, auquel on doit la création de nombreuses stations centrales indique d'apres l'expérience acquise avec 30 stations, les données suivantes : pour 100 mètres de longueur de rue, on peut compter, en général, environ 30 lampes de 16 bougies, au début, et 60 lampes pour la station complètement développée. Par 1,000 habitants, on compte sur une consommation de puissance de 2 à 10 chevaux.

« Bien que question essentiellement d'esthétique et même de coquetterie, la destruction des poils disgracieux ne compte pas moins comme un chapitre d'importance pratique. » Ainsi s'exprime un confrère médical, au début d'un article sur l épilation par l'électricité,

Comme technique, voilà ce que conseillent MM. Bergonié et Debedat.

Il faut avoir un courant continu et constant, donnant une intensité maxima de 4 milliampères. Un milliampèremètre est nécessaire, divisé en milliampères et dixièmes de milliampères. (Il ne nous déplait pas de voir enfin entre les mains des médecins des instruments de mesure électriques).

L'électrode positive peut avoir la « forme d'un bracelet en cuivre mince nickelé, rembourré de gaz hydrophile et assez souple pour être maintenu au niveau du poignet par un mince lien de caoutchouc. » On la mouille avec de l'eau pure à 45°. Au pôle négatif vient s'adapter une fine aiguille montée sur un porte-aiguille.

L'opérateur introduit l'aiguille dans le canal pilaire jusqu'à ce qu'il la sente buter. Il fait passer un courant de 2 à 4 milliampères pendant quatre à quinze secondes. Lorsque l'intensité est suffisante, on aperçoit à l'entrée de l'aiguille une gouttelette spumeuse, dans le cas contraire on augmente l'intensité du courant. Par la traction, le poil doit venir à la pince à épiler, on retire l'aiguille.

En une heure on peut enlever environ soixante poils, cent même. On ne peut qu'exceptionnellement faire durer une séance plus d'une demi-heure.

C'est donc un véritable jeu de patience que l'épilation par l'électricité !

Digitized by Google

La télégraphie aux Indes britanniques est, comme on sait, entre les mains du gouvernement qui cherche à étendre constamment le réseau colonial. Malgré de grandes dépenses pour de nouvelles lignes et des améliorations nombreuses dans les bureaux, le service télégraphique a laissé l'année dernière un bénéfice net de 4 1/2 o/o du capital investi. *Indian Engineering* donne un extrait du rapport annuel, d'après lequel 2700 kilomètres de lignes et 13 400 kilomètres de conducteurs ont été établis dans le courant de l'année.

A la fin de l'année 1893-94, le département des télégraphes possédait 3 627 bureaux, 68 760 kilomètres de lignes, 216 140 kilomètres de fils et 420 kilomètres de câbles. L'excédent des recettes est principalement attribué à la réduction des taxes opérée deux ans auparavant. C'est ce qui encourage le gouvernement à consentir une nouvelle réduction du tarif en ce qui concerne les dépêches à l'intérieur du pays.

Le rapport en question appelle surtout l'attention sur un nouvel appareil, le « transformateur Welhuish » qui permet d'augmenter la vitesse de transmission à grande distance. On l'essaye en ce moment dans le service en quadruplex, pour rechercher s'il peut donner des résultats aussi favorables qu'en duplex.

D'après *Engineering and Mining Journal*, de New-York, on a établi à la mine d'Anaconda (Montana), une raffinerie électrolytique de cuivre, pouvant épurer 50 tonnes de métal par jour. Le coût du raffinage ne serait que d'environ 5 centimes par kilogramme. Les résultats paraissent si favorables que la compagnie se propose d'établir une autre grande usine à Great Falls, où le charbon peut être obtenu à 5 francs la tonne, et où il existe, en outre, des forces motrices hydrauliques.

La plupart des usines américaines commencent d'ailleurs à raffiner tout le cuivre qu'elles produisent, et il deviendra de plus en plus difficile pour les usines européennes d'importer d'Amérique du cuivre brut

---

La ligne télégraphique transafricaine, actuellement en construction, et dont nous avons depuis longtemps entretenu nos lecteurs, fait des progrès rapides, si l'on considère les difficultés considérables que les constructeurs ont à vaincre. La partie comprise entre Salisbury et Mazoe a été récemment terminée et mise en service.

Au Palais du Reichstag on vient d'installer l'éclairage électrique. La consommation d'énergie électrique est indiquée par des compteurs Aron. La canalisation à l'intérieur du bâtiment comporte 40 kilomètres de fil et 6 kilomètres de câble goudronné. L'éclairage est assuré par 62 lampes à arc, dont 16 avec une intensité lumineuse de 15 000 bougies éclairent la salle des délibérations. Il y a, en outre, 5000 lampes à incandescence. Le courant total atteint une intensité de 3600 ampères représentant une puissance de 360 chevaux, dont 60 environ servent à actionner 14 ventilateurs. Quand tous les appareils d'utilisation sont en service, la dépense horaire est de 250 francs.

Dans une rue de Brooklyn, des ouvriers fouillaient le sol pour découvrir une fuite de gaz. En un certain endroit, le gaz s'échappait abondamment. Vint à passer une voiture de tramway électrique, dont les balais frotteurs mirent le feu au gaz. Les voyageurs effrayés par le bruit et par la vue de la flamme qui s'élevait à 3 mètres de hauteur, sautèrent de la voiture, qui avait d'ailleurs passé assez rapidement pour ne pas être atteinte.

Cet accident a naturellement été mis sur le compte du mortel trolley ; mais le gaz n'a-t-il pas joué dans cette occasion le rôle le plus important ?

D'après le procédé de M. Riquelle on peut faire des vases poreux pour piles et accumulateurs, en laminant un tissu d'amiante imbibé d'une pâte de kaolin, en pressant la matière ainsi obtenue dans des moules, et en cuisant au four comme la porcelaine.

Le Gérant : L. DENNERY.

Imprimerie ALCAN-LEVY, 24, rue Chauchat, Paris

Digitized by Google

1re Année — Samedi 15 Décembre 1894 — N° 14

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITE

3, RUE RACINE, PARIS

Directeur P. H. LEDEBOER, Docteur ès-sciences

SOMMAIRE. — Les canalisations électriques à Paris, A. Monmerqué. — Sur la symétrie du champ magnétique et du champ électrique, P. Curie. — Extraction de l'or par le cyanure, E. Andreoli. — Traction électrique sur fortes rampes, J. Reyval. — Extraits de la presse industrielle, communications : L'assainissement des maisons par l'électricité, système Hermite. — Soupapes actionnées électriquement pour conduites de vapeur, de gaz et d'eau, par E. Berg. — Séparation magnétique du fer dans le minerai de zinc, par M. E. Ferrares. — Notes sur les tramways électriques aux Etats-Unis et au Canada, par M. Wilkinson. — Préparation de la matière active pour accumulateurs Barbier. — Electrolyseur Caldwell. — Accumulateurs Hess. — Revue des Sociétés savantes. — Sur la dispersion de la lumière par des particules métalliques, par Richard Threlfall. — Note sur le précédent mémoire, par J. J. Thomson. — Sur l'existence d'une anomalie de la conductibilité des dissolutions salines à 4° C, par Silvio Lussana. — Changement de la période des ondes électriques dans les fils de fer, par John Trowbridge. — Quelques expériences de photographie électrique, par Fernando Sandford. — Note sur la mesure des capacités inductives spécifiques de l'eau, l'alcool, etc., par Reginald A. Fessenden. — Effet d'un abaissement considérable de température sur le magnétisme, par Louis W. Austin. — Bibliographie. — Chronique.

LES CANALISATIONS ÉLECTRIQUES A PARIS

Les travaux de canalisations électriques, établies à Paris à la suite des concessions accordées par le Conseil municipal à diverses Sociétés (délibération en date du 29 décembre 1888), ont commencé au mois de mars 1889. A cette époque, trois concessionnaires seulement ont commencé l'exploitation, savoir : la Compagnie continentale Edison, la Société d'Eclairage et de Force par l'électricité et M. Victor Popp. Depuis, sont venues la Société du secteur de Clichy (délibération du Conseil municipal en date du 29 décembre 1888, — commencement de l'exploitation en octobre 1890), la Société du secteur des Champs-Elysées (délibération en date du 4 avril 1890, — commencement de l'exploitation en juin 1892), la Société du secteur de la Rive gauche (délibérations en date des 23 juillet 1890 et 30 décembre 1893), dont les travaux d'installation sont actuellement en cours.

Les seules canalisations autorisées à Paris par le cahier des charges sont souterraines : il ne doit donc être question ici que de ce type.

Il est utile de profiter des leçons que l'expérience a fait acquérir pendant ces cinq années et de résumer les principaux résultats obtenus.

Les premiers à indiquer sont les types de canalisation auxquels la pratique a fait renoncer : trois se rapportent à des câbles nus et un à des câbles recouverts.

Les conclusions qui se dégagent des faits acquis sont les suivantes. Aujourd'hui, elles paraîtront d'une rare évidence et, pourtant, il n'en a pas toujours été ainsi dans l'esprit de certains ingénieurs électriciens.

1° Quand on place les conducteurs électriques dans des enveloppes métalliques destinées à assurer leur protection mécanique, il est nécessaire de prendre des dispositions sûres pour éviter tout contact entre l'âme des conducteurs et l'enveloppe. A cet effet, il faut recourir à des câbles recouverts et prendre les mêmes précautions que si ces conducteurs, comme ceux du type dit *câbles armés*, étaient placés directement en terre.

2° Les canalisations employées, surtout avec les conducteurs nus, doivent, autant que possible, être imperméables à l'eau et, comme cette condition ne peut être assurée d'une façon parfaite, il y a lieu de prévoir l'introduction

Digitized by Google

accidentelle de l'eau et son évacuation immédiate.

3° Il y a lieu de se préoccuper de la nature même des matériaux constituant les canalisations et, dans cet ordre d'idées, de proscrire l'emploi des canalisations en poterie vernissée.

4° Dans l'emploi des conducteurs recouverts, il convient d'examiner particulièrement les moyens employés pour les supporter et d'éviter la possibilité de lésions mécaniques dans la couche isolante.

Ces conclusions, fort simples, découleront naturellement des résultats que nous allons indiquer aussi sommairement que possible.

Un secteur de Paris a commencé par employer des câbles recouverts, placés dans des tuyaux circulaires en fonte (figure 1). Les conducteurs étaient tirés dans ces tuyaux. Au

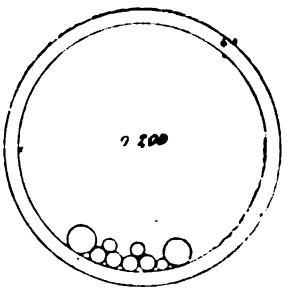


Fig. 1.

bout de peu de temps d'exploitation, on constata des pertes abondantes. L'isolant des conducteurs était insuffisant et, en outre, avait été détérioré dans la mise en place. Les tuyaux métalliques mêmes favorisaient la production de nombreuses terres et l'exploitation devenait impossible. Bientôt, la Société renonça à ce sytème de sa propre initiative ; mais elle conserva l'enveloppe métallique en lui donnant une forme rectangulaire et en cherchant, avec beaucoup de bonne volonté, à éviter tout contact entre le métal et l'âme des conducteurs.

Pour cela, elle eut recours à deux procédés différents suivant le voltage employé. Pour les câbles de haute tension, servant en l'espèce à charger des accumulateurs en série sous 1500 volts environ, elle n'hésita pas à prendre des câbles recouverts dont la spécification était la suivante :

Une âme en cuivre, une couche de caoutchouc pur, puis deux couches de caoutchouc vulcanisé, deux rubans caoutchoutés, une enveloppe de plomb étanche et une couche de filin enduit de matière bitumineuse.

Ces câbles sont placés dans des cases en bois paraffiné, comme le montre la figure 2.

On a donc, avec ce système, pour éviter un contact entre l'âme des conducteurs et l'enveloppe métallique, une double protection, l'isolant du câble et le bois paraffiné. Les conditions de spécification et d'isolement ainsi imposées au constructeur de câbles sont convenables ; aussi, ce système de canalisation n'a pas donné lieu aux mêmes mécomptes que le premier et le troisième. Toutefois, on peut se demander s'il y a lieu de l'imiter : il est encombrant; de plus, il offre les inconvénients

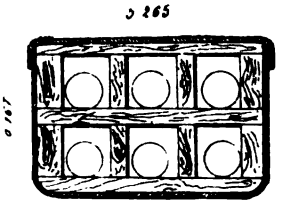


Fig. 2.

des canalisations en câbles armés, notamment la limitation de la densité du courant, sans en présenter les garanties.

Pour les distributeurs où le voltage n'était que de 110 volts, le système précédent a paru trop coûteux et on s'est décidé à employer des conducteurs nus ; mais, afin de parer à un contact accidentel avec la paroi métallique, on a supporté ces câbles par des blocs en bois paraffiné offrant en leur milieu (figure 3) des isolateurs en porcelaine dont le détail est donné figure 4. Enfin, pour se prémunir contre les chances d'un contact accidentel survenant entre deux coussinets, on a rempli l'intervalle d'un mélange isolant. On constituait ce dernier avec du brai et du calcaire réduit en poudre dans les proportions sui-

Digitized by Google

vantes : brai, 50 à 40 o/c, calcaire 50 à 60 o/o. Le mélange était fait sur place et coulé à chaud : il remplissait ainsi complètement la canalisation métallique.

Au bout de peu de temps de sa mise en pratique, les défauts du système se révélèrent par des accidents graves : des court-circuits francs se produisirent entre les conducteurs et

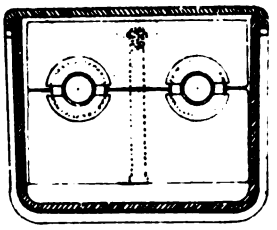


Fig. 3.

l'enveloppe. On peut les expliquer par beaucoup de causes dont voici les principales :

La présence de coudes dans la canalisation : en ces points, les conducteurs n'occupent pas le centre de la canalisation métallique, mais se rapprochent nécessairement du côté concave ;

La dislocation de la canalisation, due aux mouvements du sous-sol parisien si instable ;

Le ramollissement du mélange isolant dont le point de fusion est trop bas, etc.

Quand un court-circuit commence à se pro-

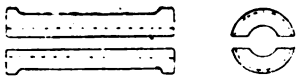


Fig. 4.

duire, le brai devient complètement liquide et le mal ne fait que s'aggraver.

La Société, après ces écoles onéreuses, a été obligée de reconnaître le vice de ce système et d'y renoncer. On a dû faire disparaître ces canalisations qui devenaient une cause incessante de dangers sous la voie publique ; le travail de remplacement par des câbles armés s'est naturellement poursuivi avec méthode et rapidité par la nouvelle direction de la Société, à qui incombe la lourde tâche de modifier un réseau très étendu et de le développer sans arrêter l'exploitation du secteur. L'exécution de ce programme ne laisse pas que d'être délicate et ne pourra que faire honneur aux ingénieurs de la Société ; elle-même, et surtout la sécurité publique, gagneront beaucoup à cette modification des canalisations.

A. MONMERQUÉ.

(*A suivre.*)

SUR
LA SYMÉTRIE DU CHAMP MAGNÉTIQUE
ET DU CHAMP ÉLECTRIQUE

Pour qu'un phénomène physique puisse se produire, il est en général nécessaire qu'une certaine dissymétrie existe dans le milieu où il prend naissance.

Supposons, pour fixer les idées, que nous ayons une petite sphère matérielle en présence de masses matérielles agissant sur elle suivant les lois de l'attraction newtonienne, la force résultante agissant sur la petite sphère donnera la direction du champ de l'attraction newtonienne à l'endroit où se trouve cette petite sphère. Si les masses agissantes sont disposées symétriquement par rapport à un plan passant par le centre de la petite sphère, la force sera nécessairement dans ce plan de symétrie, car il n'y a pas de raison pour qu'elle soit dirigée en dehors du plan d'un côté plutôt que de l'autre. Donc, l'existence en un point du champ de l'attraction newtonienne est incompatible avec l'existence d'un plan de symétrie passant par le point et faisant avec la direction du champ un certain angle. Au contraire, on peut, sans absurdité, imaginer qu'il existe des plans de symétrie parallèles au champ.

On peut démontrer de même qu'un axe de symétrie passant en un point où se trouve un champ d'attraction newtonienne est nécessairement dirigé suivant la direction du champ.

Enfin, on peut montrer qu'un point où se trouve un champ d'attraction newtonienne ne peut être un centre de symétrie pour le système qui donne naissance à ce champ.

Digitized by Google

Ainsi, certains éléments de symétrie peuvent se rencontrer en un point où l'état de l'espace comporte l'existence d'un champ d'attraction newtonienne, sans que toutefois ces éléments de symétrie soient nécessaires.

Nous appellerons symétrie caractéristique d'un état de l'espace la symétrie maximum compatible avec l'existence de cet état.

GROUPES D'ÉLÉMENTS DE SYMÉTRIE

Il est d'abord nécessaire de donner quelques définitions et quelques indications générales sur les systèmes symétriques.

La symétrie *en un point* dans un système est définie par les éléments de symétrie qui se coupent en ce point. Certains *groupes* d'éléments de symétrie sont seulement possibles. On classe ces groupes en 19 familles et 6 de ces familles contiennent une infinité de groupes distincts.

Nous représenterons symboliquement par Lq un *axe de symétrie d'ordre q*. Une rotation d'un système autour d'un axe d'ordre q restitue le système pour des angles égaux à un nombre entier de fois $\frac{2\pi}{q}$.

Si $q = \infty$ on a un *axe d'isotropie* L∞ et une rotation d'un angle quelconque autour d'un pareil axe restitue le système.

Nous supposerons qu'un axe a une *direction* et un *sens* de telle sorte que pour un axe de figure, tel qu'on le considère d'ordinaire, nous compterons deux axes de même direction mais de sens contraires, nous désignerons alors par (Lq lq) l'ensemble de ces deux axes. Si les deux axes de sens contraires jouent le même rôle dans le système, nous les désignerons par (2 Lq) et on aura alors un *axe doublé*. Par exemple, pour l'axe de figure d'un tronc de cône, nous compterons deux axes d'isotropie de sens contraire que nous désignerons par (L∞ $l\infty$). Tandis que pour l'axe principal d'un cylindre circulaire droit nous compterons deux axes d'isotropie de sens contraire de même espèce et nous représenterons ces axes par (2 L∞).

Nous représenterons par C un *centre de symétrie* et par P un *plan de symétrie*.

Enfin, nous désignerons par Pq et Πq *les plans de symétrie directe* ou *alterne d'ordre q*. De tels plans indiquent respectivement que le système où on les rencontre est restitué par un mirage suivi d'une rotation d'un nombre pair ou d'un nombre impair de fois $\frac{1}{2}\frac{2\Pi}{q}$ autour d'une droite normale au plan de mirage. Par exemple, le plan de symétrie normal à l'axe principal d'un cylindre circulaire droit est un plan de symétrie directe d'ordre infini P∞.

Les groupes d'éléments de symétrie possédant des axes d'isotropie sont particulièrement importants à connaître pour l'étude de la symétrie des phénomènes physiques.

Ces groupes sont au nombre de 7.

On a d'abord 2 *groupes sphériques* que nous désignerons par (s_1) et (s_2). Lorsqu'en un point la symétrie est celle d'un de ces deux groupes, toute droite passant par le point est un axe d'isotropie doublé. On a donc alors une infinité d'axes d'isotropie doublés ∞ (2L∞).

Lorsque la symétrie est celle de (s_1) (*symétrie sphérique complète*) tout plan passant par le point considéré est un plan de symétrie directe d'ordre infini et le point lui-même est un centre de symétrie. On a ainsi la symétrie qui existe au centre d'une sphère isolée dans l'espace et le symbole du groupe sera :

(s_1) $\qquad \frac{\infty\,(2\,L\,\infty)}{\infty\,P\,\infty},\ C.$

Le groupe s_2 (*symétrie sphérique énantiamorphe*) n'a pas d'autres éléments de symétrie que les axes d'isotropie dont nous avons parlé, le symbole du groupe sera :

(s_2) $\qquad \infty\,(2\,L\,\infty)$

On peut imaginer qu'il existe une symétrie de ce genre au centre d'une enveloppe sphérique remplie d'un liquide doué du pouvoir rotatoire.

On a ensuite 5 groupes cylindriques que nous désignerons par (a), (b), (c), (d), (e). Les symboles

Digitized by Google

de ces groupes sont réunis dans le tableau suivant (¹) :

$$(a)\ \frac{(2\,L\infty)}{P\infty}, \frac{\infty(2\,L_2)}{\infty\,P_2}, C \quad \text{ex. cylindre, corps comprimé dans un sens.}$$

$$\left\{\begin{array}{ll} (b) & (2\,L\infty),\ \infty(2\,L_2) \quad \text{cylindre tordu} \\ (c) & (L\infty\ l\infty),\ \infty\,P \quad \text{tronc de cône, champ électrique} \\ (d) & \frac{(L\infty\ l\infty)}{P\infty},\ C \quad \text{cylindre tournant, champ magnétique} \end{array}\right\} (e)\quad (L\infty\ l\infty)$$

Le groupe cylindrique complet (*a*) possède les éléments de symétrie d'un cylindre circulaire droit : c'est-à-dire un axe d'isotropie doublé (2 L ∞) avec une infinité d'axes binaires doublés ∞ (2 L_2) normaux à l'axe principal et passant par le centre de figure; un plan de symétrie directe P ∞ d'ordre infini normal à l'axe principal ; une infinité de plans de symétrie directe (∞ P_2) et d'ordre 2 passant par l'axe principal, enfin un centre de symétrie C.

Lorsque l'on comprime dans un sens un corps solide isotrope il devient anisotrope et possède, quelle que soit sa forme, la dissymétrie du groupe (*a*). On sait qu'un corps ainsi comprimé a les propriétés optiques des cristaux à un axe optique. La symétrie (*a*) est précisément la symétrie maxima compatible avec l'existence de ce phénomène.

Le groupe (*b*) possède les mêmes axes que le groupe (*a*), c'est-à-dire un axe d'isotropie doublé (2 L ∞) et une infinité d'axes binaires doublés normaux à l'axe principal ∞ (2 L_2). Mais il ne possède pas d'autres éléments de symétrie. Le groupe (*b*) donne la symétrie d'une hélice, ou celle d'un cylindre ou d'un fil que l'on a tordu autour de son axe. C'est encore la symétrie au centre de figure d'un système formé de deux cylindres identiques ayant leurs axes dans le prolongement l'un de l'autre et tournant chacun autour de cet axe avec des vitesses angulaires égales et de signes contraires. Nous appellerons le groupe *b*, *groupe cylindrique de torsion*.

Le groupe (*b*) ne possède ni centre ni plan de symétrie, c'est-à-dire qu'il a la dissymétrie énantiamorphe reconnue nécessaire au phénomène de la polarisation rotatoire ordinaire des corps actifs. On peut donc s'attendre à rencontrer la propriété de dévier le plan de polarisation de la lumière dans un milieu où l'on aurait réalisé la symétrie de torsion *b*. On peut encore dire que la symétrie (*b*) est réalisée lorsque l'on remplit un cylindre circulaire droit d'un liquide doué de la polarisation rotatoire.

Le groupe (*c*) possède un axe d'isotropie et celui de sens contraire d'une autre espèce (L ∞ *l* ∞); cet axe n'est donc pas doublé (autrement dit, l'axe ne se présente plus de la même façon par les deux bouts). Le groupe *c* possède encore une infinité de plan de symétrie ∞ P passant par l'axe d'isotropie. Le groupe *c* donne la symétrie en un point quelconque de l'axe d'un tronc de cône circulaire droit. C'est la symétrie d'une force, d'une vitesse, du champ de l'attraction newtonienne; c'est encore, comme nous le verrons plus loin, la *symétrie caractéristique du champ électrique*. Toutes ces grandeurs sont très convenablement représentées par une flèche, au point de vue spécial de la symétrie.

Le groupe (*d*) possède un axe d'isotropie et l'axe de sens contraire d'une autre espèce (L ∞ *l* ∞). Le groupe possède encore un centre de symétrie C et un plan de symétrie d'ordre infini, normal à l'axe principal. On a la symétrie du groupe (*d*) au centre de figure d'un cylindre circulaire droit qui tourne autour de son axe principal avec une certaine vitesse. C'est encore à ce groupe de symétrie qu'il faut rapporter un couple, une vitesse angulaire et, comme nous le verrons plus loin, *un champ magnétique*.

Le groupe (*e*) possède seulement un axe d'isotropie et celui de sens contraire d'une autre espèce (L ∞ *l* ∞). Ce groupe possède la dissymétrie énantiamorphe.

(¹) On fait figurer dans ces symboles les plans de symétrie au-dessous des axes qui leur sont normaux.

Digitized by Google

GROUPES ÉNANTIAMORPHES

Considérons un système quelconque et prenons son image dans une glace, cette image constitue un autre système qui, en général n'est pas identique au premier, ne lui est pas superposable. Cependant si le système possède un centre ou un plan de symétrie direct ou alterne il est indentique à son image. Les cristallographes se servent du qualificatif d'*énantiamorphe* pour caractériser les systèmes qui n'ont pas d'éléments de symétrie ou qui n'ont que des axes. A un système énantiamorphe correspond toujours un autre système conjugué. Les deux systèmes ne sont pas identiques, mais ils sont l'image l'un de l'autre.

Le groupe sphérique (s_3), les groupes cylindriques (*b*) et (*e*) sont des groupes *énantiamorphes*.

OPÉRATIONS DE RECOUVREMENT

Nous appelons *opération* toute transformation d'un système qui donne comme résultat un système identique au système primitif ou identique à son image.

Une opération sera une *opération de recouvrement* lorsqu'après l'avoir effectuée on obtient comme résultat un système identique au système primitif dans la position qu'il occupait primitivement.

Ce sont précisément les éléments de symétrie qui indiquent toutes les opérations de recouvrement d'un système et chaque groupe d'éléments de symétrie définit *un groupe d'opérations de recouvrement* tel que deux de ces opérations effectuées successivement équivalent à une troisième faisant partie du groupe.

LES INTERGROUPES

Une notion très importante au point de vue qui nous occupe est celle des intergroupes.

Un groupe d'éléments de symétrie est un *intergroupe* d'un groupe de symétrie plus complète, lorsque toutes les opérations de recouvrement du premier groupe font partie des opérations de recouvrement du second.

Par exemple : le groupe sphérique énantiamorphe (s_2) est un intergroupe du groupe à symétrie sphérique complète (s_1). De même les groupes cylindrique (*b*), (*c*), (*d*), (*e*) sont des intergroupes du groupe à symétrie cylindrique complète (*a*). Ce dernier groupe est lui-même un intergroupe de (s_1).

De même encore (*e*) est un intergroupe de chacun des autres groupes cylindriques (*a*), (*b*), (*c*), (*d*). Enfin le groupe (*b*) à symétrie de torsion est un intergroupe de la symétrie sphérique énantiamorphe (s_2).

DISSYMÉTRIE DES CAUSES QUI PRODUISENT UN PHÉNOMÈNE

Nous avons appelé symétrie caractéristique d'un état de l'espace la *symétrie maxima* compatible avec l'existence de cet état. C'est que certains éléments de symétrie peuvent coexister avec certains phénomènes, mais ils ne sont pas nécessaires. Ce qui est nécessaire c'est que certains éléments de symétrie n'existent pas. *C'est la dissymétrie qui crée le phénomène.*

Il serait beaucoup plus logique de définir la dissymétrie de chaque système. De donner, par exemple, la liste des opérations qui ne sont pas des opérations de recouvrement, car ce sont ces opérations-là qui indiquent une dissymétrie et, par conséquent, une propriété possible dans le système. Pratiquement celà n'est pas réalisable parce que les opérations qui ne sont pas des opérations de recouvrement sont en nombre infini et ne peuvent être toutes rappelées d'une façon simple, tandis que les opérations de recouvrement sont immédiatement définies par l'énumération des éléments de symétrie.

Ce qui est nécessaire pour qu'un phénomène puisse se produire, c'est l'absence des éléments de symétrie qui ne font pas partie de la symétrie caractéristique du phénomène.

Il en résulte qu'*un phénomène ne peut se rencontrer que dans les milieux qui possèdent sa symétrie caractéristique où celle d'un de ses intergroupes.*

On peut encore voir facilement que quand plusieurs causes de dissymétrie de *natures différentes* se superposent, *les dissymétries*

Digitized by Google

des causes s'ajoutent et il ne reste plus alors comme éléments de symétrie dans le système que ceux qui sont communs à chaque cause considérée isolément.

Enfin nous énoncerons encore deux propositions qui se complètent et dont nous ferons un fréquent usage :

Lorsque certaines causes produisent certains effets, les éléments de symétrie des causes doivent se retrouver dans les effets produits.

Lorsque certains effets révèlent une certaine dissymétrie, cette dissymétrie doit se retrouver dans les causes qui leur ont donné naissance.

La première proposition permet d'assigner une limite *minima à la symétrie caractéristique* d'un certain état physique de l'espace en examinant la symétrie des causes qui font naître cet état.

La deuxième proposition permet d'assigner une limite *maxima* à la *symétrie caractéristique* d'un certain état physique de l'espace en examinant la symétrie des effets qui peuvent se produire dans un milieu doué de cet état physique.

La réciproque de ces deux propositions n'est pas vraie, au moins pratiquement, c'est-à-dire que les effets produits peuvent être plus symétriques que les causes. Certaines causes de dissymétrie peuvent en effet ne pas avoir d'action sur certains phénomènes ou du moins avoir une action trop faible pour être appréciée, ce qui revient pratiquement au même que si l'action n'existait pas.

SYMÉTRIE CARACTÉRISTIQUE D'UN CHAMP ÉLECTRIQUE

Pour établir cette symétrie, supposons que le champ soit produit par deux plateaux circulaires de zinc et de cuivre placés en face l'un de l'autre, comme des armatures d'un condensateur. Considérons, entre les deux plateaux, un point de l'axe commun normal aux plateaux et passant par leurs centres, nous voyons que cet axe est un axe d'isotropie, et que tout plan passant par cet axe est un plan de symétrie. Les éléments de symétrie des causes doivent se retrouver dans les effets produits; donc le champ électrique a une symétrie caractéristique *égale* ou *supérieure* à la symétrie cylindrique (c) (L ∞ l ∞), ∞ P. Si la symétrie caractéristique est supérieure à (c) elle ne peut être que celle de la symétrie cylindrique complète (a) ou celle de la symétrie sphérique complète (s_4). Car (a) et (s_4) sont les deux seuls groupes qui aient pour intergroupe (e). Nous allons voir que le champ électrique ne saurait avoir (a) ou (s_4) comme symétrie caractéristique, si l'on admet, comme nous l'avons fait précédemment, que la force agissant sur un corps pondérable a la symétrie (c). Supposons, en effet, qu'une sphère conductrice, chargée d'électricité, soit isolée dans l'espace, puis que l'on fasse naître un champ électrique par une cause quelconque. Une force agira sur la sphère dans la direction du champ. La dissymétrie des effets doit se retrouver dans les causes qui leur ont donné naissance ; la force ne possédant pas d'axe de symétrie normal à sa direction, le système de la sphère chargée et du champ ne doit pas non plus posséder cet élément de symétrie. Mais la sphère chargée, considérée isolément, possède des axes d'isotropie dans toutes les directions ; la dissymétrie en question provient donc du champ électrique qui ne doit pas posséder d'axe de symétrie normal à sa direction. Le champ électrique ne peut donc avoir la symétrie de (a) qui possède des axes binaires normaux à l'axe d'isotropie, à plus forte raison il ne peut avoir la symétrie de (s_4). La symétrie caractéristique du champ électrique est donc celle du groupe (c).

(c) (L ∞ l ∞) ∞P.

Un champ électrique pourra seulement se rencontrer dans les milieux ayant la symétrie de (c) ou d'un de ses intergroupes.

La symétrie du courant électrique et celle de la polarisation diélectrique est la même que celle du champ qui donne naissance à ces phénomènes.

Les phénomènes pyro-électriques et piézo-électriques viennent apporter un nouvel appui

Digitized by Google

aux conclusions qui précèdent sur la symétrie caractéristique du champ électrique. Un cristal de tourmaline, par exemple, se polarise électriquement, dans la direction de son axe ternaire, lorsque l'on échauffe le cristal uniformément ou lorsqu'on le comprime dans la direction de son axe. Or l'échauffement ou cette compression ne modifient en rien la symétrie du cristal qui est $(L_3\ l_3)\ 3\ P$, c'est-à-dire un axe ternaire (avec celui de sens contraire d'une autre espèce) par lequel passe trois plans de symétrie ; c'est là un intergroupe de $(L\ \infty\ l\ \infty)\ \infty\ P$ qui est la symétrie de (*c*). La symétrie de la tournaline est par conséquent compatible avec l'existence d'une polarisation diélectrique suivant son axe ternaire.

Le champ électrique détermine dans les liquides les mêmes propriétés optiques que celles que l'on obtient par compression des corps solides isotropes ; le liquide devient biréfringent comme les cristaux à un axe optique (phénomène de Kerr). La symétrie caractéristique de ces phénomènes est la symétrie cylindrique complète (*a*) dont le groupe (*c*) est un intergroupe. On voit donc qu'une partie seulement de la dissymétrie caractéristique du champ électrique est révélée par le phénomène de Kerr. Le phénomène de la dilatation électrique des corps solides isotropes (phénomène Duter) ne révèle de même que la dissymétrie du groupe (*a*). Ainsi dans les phénomènes de Kerr et de Duter, les effets constatés sont plus symétriques que les causes, cas très fréquent dans les phénomènes de la physique.

SYMÉTRIE CARACTÉRISTIQUE D'UN CHAMP MAGNÉTIQUE

Pour établir la symétrie caractéristique d'un champ magnétique, considérons le champ qui existe au centre d'une circonférence parcourue par un courant électrique ; le champ est dirigé normalement au plan de la circonférence.

Cherchons la symétrie des causes agissantes, c'est-à-dire la symétrie au centre de la circonférence parcourue par le courant. On aura d'abord un axe d'isotropie normal du plan du courant. Le courant électrique est compatible avec l'existence de plans de symétrie passant par la direction du courant ; le plan de la circonférence sera donc un plan de symétrie. Le courant électrique n'admet ni axe de symétrie, ni plan de symétrie normalement à sa direction; il n'y a donc pas d'axe dans le plan du cercle, ni de plans de symétrie passant par l'axe d'isotropie. La symétrie des causes est donc le groupe cylindrique $\frac{L\ \infty\ l\ \infty}{P\ \infty}$ C (groupe (*d*)). Le champ magnétique a donc une symétrie caractéristique au moins égale à celle-là.

On voit qu'un champ magnétique peut posséder un plan de symétrie normal à sa direction. Le champ magnétique est, au contraire, incompatible avec la présence d'un axe binaire normal à sa direction. Pour le prouver il est nécessaire de faire intervenir les phénomènes d'induction. Considérons, par exemple, un fil rectiligne animé d'une certaine vitesse normale à sa direction. Un pareil système possède un axe binaire (dans le sens de la vitesse), normal au fil en son milieu. Supposons maintenant qu'un champ magnétique uniforme existe dans le système et que sa direction soit normale au fil et à la vitesse de déplacement ; une force électromotrice d'induction naîtra dans le fil. Ce phénomène est incompatible avec la présence d'un axe binaire dirigé dans le sens du déplacement c'est-à-dire normal au fil.

La dissymétrie des effets doit se retrouver dans les causes ; la disparition nécessaire de l'axe binaire dont nous avons parlé ne peut provenir que de la présence du champ magnétique ; celui-ci ne peut donc pas avoir d'axe binaire normal à sa direction. (La démonstration pourrait encore se faire en considérant un circuit circulaire normal à un champ magnétique. On supposerait que ce circuit se dilate sans changer de forme en donnant naissance à un courant d'induction).

Nous avons vu que la symétrie caractéristique du champ magnétique est au moins celle du groupe (*d*). Les groupes (*a*) et (s_1) étant les

Digitized by Google

seuls dont (*d*) soit l'intergroupe, la symétrie caractéristique du champ magnétique ne peut être que celle de l'un des groupes (s_1), (*a*) ou (*d*). Mais dans les goupes (s_1) et (*a*) il existe des axes normaux entre eux ce qui est impossible d'après ce que nous venons de voir pour le champ magnétique. La symétrie du champ magnétique est donc celle du groupe cylindrique (*d*).

(*d*) $\frac{L\infty\, l\infty}{P\infty}$ C.

et c'est seulement dans des milieux ayant la symétrie de (*d*) ou d'un de ses intergroupes que l'on pourra rencontrer un champ magnétique.

Le phénomène de la polarisation rotatoire magnétique est en accord avec les conclusions qui précèdent.

Un corps polarisé magnétiquement possède la même symétrie que le champ magnétique.

Si le *courant de magnétisme* existait, il aurait encore la même symétrie (*d*) et ce serait une propriété curieuse pour un courant que d'avoir un plan de symétrie normal à sa direction.

Les phénomènes de dilatation magnétique du fer révèlent seulement la dissymétrie du groupe cylindrique complet (*a*) dont (*d*) est un intergroupe.

Un grand nombre de cristaux sont caractérisés par des groupes de symétrie qui sont des intergroupes de la symétrie magnétique, tels que ceux d'apatite $\frac{L_6\, l_6}{P_6}$ C, de gypse, de chlorure de fer, d'amphibole $\frac{L_2\, l_2}{P_2}$ C. Il pourrait se faire que ces cristaux fussent aimantés naturellement de par leur constitution; j'ai cherché sans succès à constater cette polarité par expérience.

On a coutume de représenter un champ magnétique par une flèche, cette représentation, qui n'offre souvent aucun inconvénient, est défectueuse au point de vue spécial de la symétrie, puisque le champ magnétique n'est pas modifié par un mirage par rapport à un plan normal à sa direction et qu'il est changé de sens par un mirage par rapport à un plan passant par sa direction. C'est précisément le contraire qui a eu lieu pour la flèche représentative.

SUPERPOSITION DES CAUSES DE DISSYMÉTRIE DANS UN MÊME MILIEU

Lorsque deux phénomènes de natures différentes se superposent dans un même milieu, les dissymétries s'ajoutent. Reportons-nous au tableau des groupes de symétrie cylindriques.

(*a*) $\frac{(2L\infty)}{P\infty}$, $\frac{\infty(2L_2)}{\infty P_2}$, C
ex.: cylindre, corps comprimé dans un sens

(*b*) $(2L\infty)$, $\infty(2L_2$ cylindre tordu

(*c*) $(L\infty\, l\infty)$, ∞P tronc de cône champ électrique

(*d*) $\frac{(L\infty\, l\infty)}{P\infty}$, C cylindre tournant, champ magnétique

(*e*) $(L\infty\, l\infty)$

Si l'on superpose les causes de dissymétrie de deux des trois groupes (*b*), (*e*), (*d*), en faisant cependant coïncider les axes d'isotropie, on obtient le groupe (*e*), car l'axe d'isotropie sera le seul élément de symétrie commun aux deux groupes superposés. Or (*e*) possède les dissymétries réunies des trois groupes (*b*) (*c*) (*d*). Donc, en superposant, comme nous venons de le dire, les causes de dissymétrie de deux des trois groupes (*b*), (*c*), (*d*), on obtient la dissymétrie du troisième groupe.

Supposons par exemple que nous superposions dans un corps *un champ électrique* (*groupe c*), *et un champ magnétique* (*groupe d*), *de même direction*, l'axe d'isotropie subsistera seul; la présence du champ électrique est incompatible avec l'existence d'un centre et d'un plan de symétrie normal à l'axe, et la présence du champ magnétique nécessite la disparition des plans de symétrie passant par l'axe. La symétrie est donc celle de (*e*) qui est un intergroupe de (*b*) : on aura la dissymétrie de torsion dans le corps.

Digitized by Google

Prenons, par exemple, un fil de fer, aimantons-le dans le sens de sa longueur, puis faisons-le parcourir par un courant, le fil se tord (expérience de Wiedemann).

Il est peut-être possible de créer un milieu capable de donner la polarisation rotatoire des corps actifs en superposant dans un corps symétrique un champ électrique et un champ magnétique. Du moins ceci ne serait pas en contradiction avec les conditions de symétrie. Un pareil milieu à symétrie énantiamorphe permettrait peut-être encore de réaliser certaines réactions chimiques dissymétriques, ou de séparer les corps droits et gauches dans une combinaison racémique, etc. Au contraire, un champ électrique ou un champ magnétique ne sauraient isolément provoquer une réaction dissymétrique, puisque ces champs sont compatibles avec l'existence de plans de symétrie.

Supposons maintenant que nous superposions *une dissymétrie de torsion (b) et une dissymétrie magnétique (d)*, on obtiendra encore la symétrie *(e)* qui est un intergroupe de la symétrie du champ électrique (*c*).

Prenons un fil de fer, aimantons-le dans le sens de sa longueur et tordons-le. Au moment où la torsion se produit, une force électromotrice prend naissance dans le fil qui est parcouru par un courant s'il est placé dans un circuit fermé (expériences de Wiedemann). Les conditions de symétrie nous montrent qu'il pourrait se faire qu'un corps à molécules dissymétriques énantiamorphes (corps doué du pouvoir rotatoire), se polarisât diélectriquement lorsqu'on le place dans un champ magnétique.

Enfin, supposons que nous superposions *une dissymétrie de torsion* (*b*) *et un champ électrique* (*c*), on aura de même la symétrie de (*e*) qui est un intergroupe de la symétrie magnétique (*d*). Un fil de fer parcouru par un courant s'aimante dans le sens de sa longueur quand on le tord (expérience de Wiedemann).

Les conditions de symétrie nous permettent d'imaginer qu'un corps à molécules dissymétriques énantiamorphes se polarise peut-être magnétiquement lorsqu'on le place dans un champ électrique.

PHÉNOMÈNE DE HALL

Ce phénomène peut s'expliquer d'une façon très simple à l'aide de considérations sur la symétrie. Il suffit d'admettre qu'un corps placé dans un champ magnétique devient anisotrope et que ses propriétés sont celles d'un cristal qui aurait pour symétrie la symétrie magnétique

$$\frac{L\infty / \infty}{P\infty} \quad C.$$

La théorie de la conductibiiité de la chaleur et de l'électricité dans les corps cristallisés, telle qu'elle a été établie par Stokes, Thomson, Minnigerode et Boussinesq, conduit pour la symétrie magnétique à admettre l'existence de coefficients dits *rotationnels* dans les formules La présence de ces coefficients suffit pour expliquer toutes les manifestations du phénomène de Hall. On explique ainsi en particulier la possibilité si curieuse de la propagation en spirale de l'électricité ou de la chaleur.

PHÉNOMÈNES PYROÉLECTRIQUES ET PIÉZOÉLECTRIQUES

Les cristaux pyroélectriques ont nécessairement la symétrie d'un intergroupe du champ électrique, puisque l'échauffement supposé uniforme n'amène par lui-même aucune dissymétrie. Les cristaux piézoélectriques sont plus nombreux que les cristaux pyroélectriques. Ils comprennent, en effet, tout ceux-ci, puis ils renferment les cristaux qui prennent, seulement sous l'influence d'une déformation mécanique uniforme, une symétrie inférieure à celle du champ électrique. Ce dernier cas est par exemple celui du quartz qui est piézo-électrique sans être pyroélectrique.

SYMÉTRIE D'UNE SPHÈRE CHARGÉE D'ÉLECTRICITÉ LIBRE OU DE MAGNÉTISME LIBRE HYPOTHÉTIQUE

Une sphère matérielle, conductrice chargée d'*électricité libre* et isolée dans l'espace a en

Digitized by Google

son centre la symétrie sphérique complète (s_1) soit

$$\frac{\infty\,(2\,L\,\infty)}{\infty\,P\,\infty}\ C.$$

En effet la sphère chargée est entourée de champs électriques tous orientés suivant les rayons et ces champs sont compatibles avec l'existence de plans de symétrie passant par ces rayons.

Le parallélisme des phénomènes électriques et magnétiques nous amène à nous demander s'il peut exister des corps conducteurs du magnétisme, des courants magnétiques, du magnétisme libre. Sans pouvoir résoudre cette question il est cependant possible de définir la symétrie de certains états hypothétiques.

Une sphère matérielle isolée dans l'espace et chargée de *magnétisme libre* serait caractérisée par le groupe sphérique s_2 énantiamorphe soit

$$\infty\,(2\,L\,\infty)$$

c'est-à-dire que l'on aurait une infinité d'axes d'isotropie doublés passant par le centre de la sphère dans toutes les directions ; mais pas de centre et aucun plan de symétrie. En effet, la sphère est entourée de champs magnétiques tous orientés suivant les rayons et tous dirigés vers l'extérieur, si la sphère est chargée de magnétisme austral, ou tous dirigés vers la sphère si elle est chargée de magnétisme boréal. Il ne peut y avoir de plan de symétrie passant par un rayon, puisque l'existence d'un champ magnétique n'est pas compatible avec celle d'un plan de symétrie passant par sa direction. Au contraire rien ne s'oppose à l'existence des axes d'isotropie dans toutes les directions, on a donc la symétrie du groupe (s_2).

Si on pouvait placer une sphère chargée de magnétisme libre dans un champ magnétique, on aurait une force dans la direction du champ, et cela semble, à première vue, en contradiction avec l'existence du plan de symétrie normal au champ. La disparition du plan de symétrie est précisément due à la dissymétrie caractéristique du magnétisme libre. La symétrie du champ magnétique est

$$(d)\qquad \frac{L\infty\ l\infty}{P\infty}\ C,$$

celle de la sphère chargée de magnétisme est (s_2) ∞(2 L ∞). En superposant les dissymétries il reste seulement (L∞ $l\infty$) groupe (e) qui est un intergroupe de la symétrte d'une force (c) (L∞ $l\infty$, ∞ P). Un corps chargé de magnétisme libre serait donc nécessairement dissymétrique énantiamorphe, c'est-à-dire non superposable à son image obtenue par mirage. Deux sphères identiques mais chargées respectivement de quantités égales de magnétisme austral et boréal seraient symétriques l'une de l'autre. On voit qu'il n'y aurait rien d'absurde, au point de vue de la symétrie, à supposer que les molécules dissymétriques douées de pouvoir rotatoire soient naturellement chargées de magnétisme libre.

LIAISON ENTRE LES SYMÉTRIES CARACTÉRISTIQUES DES DIVERS MILIEUX

Nous avons supposé que la matière non cristallisée et non douée de pouvoir rotatoire n'apportait par elle-même aucune dissymétrie dans un système ; nous avons fait implicitement la même supposition pour le milieu qui remplit les espaces vides de matière. Cette supposition bien naturelle, mais toute gratuite, est indispensable ; elle montre bien que nous ne pouvons avoir notion de la symétrie absolue ; nous devons choisir arbitrairement une symétrie pour un certain milieu et en déduire la symétrie des autres milieux. Cette symétrie relative est, du reste, la seule qui nous intéresse. Si, par exemple, tout un système est animé d'une certaine vitesse de translation et que nous considérions un corps A dans le système, il nous sera utile en général de connaître la symétrie du corps A par rapport au système, sans tenir compte de la dissymétrie commune créée par l'état de mouvement de tout le système.

Supposons que nous connaissions seulement en électricité les phénomènes généraux de l'é-

Digitized by Google

lectricité statique, de l'électricité dynamique, du magnétisme, de l'électro-magnétisme et de l'induction, rien ne nous indiquerait exactement le type de symétrie qu'il convient d'attribuer au champ électrique et au champ magnétique. Nous pourrions, par exemple, choisir pour le champ magnétique la symétrie (*e*) (que nous avons attribuée précédemment au champ électrique) et, en raisonnant comme nous l'avons fait, nous serions conduits alors, nécessairement, à prendre pour symétrie du champ électrique le groupe (*d*) (que nous avons attribué précédemment au champ magnétique). Il n'y aurait aucune absurdité à un pareil système, ni aucune contradiction avec notre hypothèse initiale sur la symétrie complète de la matière et avec la symétrie adoptée pour les grandeurs mécaniques.

Les phénomènes généraux de l'électricité et du magnétisme nous indiquent seulement une liaison entre les symétries du champ électrique et du champ magnétique, de telle sorte que si l'on adopte (*c*) pour la symétrie de l'un, il faut prendre (*d*) pour la symétrie de l'autre. Pour lever cette indétermination et rattacher la symétrie de ces états électriques et magnétiques à la symétrie adoptée pour la matière et pour les effets mécaniques, il nous a fallu faire intervenir d'autres phénomènes : les phénomènes électrochimiques ou d'électricité de contact, les phénomènes pyro- ou piézo-électriques ou bien encore le phénomène de Hall, ou celui de la polarisation rotatoire magnétique.

SYMÉTRIE ET DIMENSIONS

Au point de vue des idées générales, la notion de *symétrie* peut être rapprochée de la notion de *dimension* : Ces deux notions fondamentales sont respectivement caractéristiques pour le *milieu* où se passe un phénomène et pour la *grandeur* qui sert à en évaluer l'intensité.

Deux milieux de même dissymétrie ont entre eux un lien particulier dont on peut tirer des conséquences physiques.

Une liaison du même genre existe entre deux grandeurs de mêmes dimensions.

Lorsque certaines causes produisent certains effets, les éléments de symétrie des causes doivent se retrouver dans les effets produits. De même dans la mise en équation d'un phénomène, il y a une liaison de cause à effet entre les grandeurs qui figurent dans les deux membres et ces deux membres ont mêmes dimensions.

Pour établir les formules de dimension des grandeurs électriques et magnétiques on se sert seulement des relations données par les phénomènes généraux de l'électricité statique, de l'électricité dynamique, du magnétisme, de l'électromagnétisme et de l'induction ; on aboutit à une indétermination (connue dans le cas de la symétrie quand on n'utilise que ces phénomènes). On trouve alors que plusieurs solutions peuvent convenir pour relier les dimensions des grandeurs électriques et magnétiques aux grandeurs de la mécanique.

Les phénomènes généraux de l'électricité et du magnétisme nous indiquent seulement une liaison entre les dimensions des grandeurs électriques et magnétiques. Cette proposition est analogue à celle énoncée précédemment pour la symétrie.

Cependant pour la symétrie la question est plus avancée ; on a pu lever l'indétermination signalée en utilisant d'autres phénomènes tels que les phénomènes électrochimiques etc..., tandis que ces phénomènes n'ont pas encore pu être utilisés pour lever l'indétermination relatives aux dimensions (1).

P. CURIE.

BIBLIOGRAPHIE

Traités de cristallographie de Mallard, de Liebisch, de Soret ; « recherches cristallographiques » de Bravais ; Gordon « sur les groupes de mouvements » Annali di matematica, p. 167, 1868 et p. 322, 1869 ; Sédarow, Société minéralogique de Saint-Pétersbourg, 1879 à 1884 et Zeitschitt für Krystallographie, t. XX, p. 25,

(1) M. Abraham a cependant fait une preuve dans ce sens, C. R. de l'Académie des sciences, t. CXVI, p. 1123; 1893.

Digitized by Google

1892 ; Schœnflien, Krystallsysteme und Krystallstruktur, Leipzig, 1891 ; P. Curie, Bull. Société mineralogique, t. VII, p. 89, 1884 et t. VII, p. 418, 1884 ; Archives des sciences physiques et naturelles (Genève), t. XXIX, 1893, P. Curie, symétrie dans les phénomènes physiques, Journal de phys., 1894.

EXTRACTION DE L'OR PAR LE CYANURE (1)

Il est vraiment pénible de voir des savants descendus dans le prétoire d'un tribunal pour s'y escrimer comme de simples avocats pour ou contre un système quelconque. C'est de l'acharnement qu'on a déployé contre le procédé électrolytique de Rae qu'on a déclaré tour à tour être simplement de la contrefaçon Elkington et n'avoir jamais rien valu. Rae disait cependant très clairement, dans son brevet, qu'il se servait de cyanure de potassium ou d'un autre agent chimique dissolvant, et qu'il combinait l'électricité au cyanure pour faciliter l'opération. Donc, il savait que le cyanure dissolvait l'or du minerai, et quant à l'action du courant électrique sur l'or du minerai, n'en déplaise aux grands électriciens, électro chimistes, métallurgistes et chimistes qui l'ont niée, mais qui tous ont dû déclarer qu'ils n'avaient jamais expérimenté, soit avec l'appareil de Rae, soit avec tout autre appareil électrolytique sur une masse de minerai, ils ont fait fausse route et c'est très regrettable pour leur réputation.

Qui se serait attendu à voir lord Kelvin affirmer que, dans une cuve contenant du sable d'or dans de l'eau et du cyanure, le courant retarde l'opération ? Laissons les savants, les hommes de génie à leur laboratoire, à leurs livres et à leurs chères études ; c'est les dégrader que de leur faire jouer la comédie en répondant aux avocats des gens en faveur de qui ils déposent et qui leur posent des questions d'après un programme convenu d'avance, puis qui sont ensuite, à la mode anglaise, interrogés contradictoirement par les hommes de loi de la partie adverse qui, par tous les moyens possibles, cherchent à les prendre en défaut, les faire se contredire et à devenir la risée de ceux qui suivent les débats.

Le professeur E.-J. Mills, qui, lui anssi, fait partie de la *Royal Society*, n'aurait il pas mieux fait, par exemple, de s'abstenir quand on lui a demandé son avis sur un passage de la chimie de Mackenzie, relatif à la réduction des métaux rares par le cyanure ? Il a préféré insister sur ce point que cela ne se rapportait qu'à la réduction par la voie sèche, alors que Liebig, Elsner et d'autres l'avaient très formellement déclaré que la réduction par le cyanure s'appliquait tout aussi bien à la voie humide qu'à la voie sèche.

J'en aurais long à dire au sujet des interprétations chimiques et métallurgiques qu'on a données arbitrairement et bien à tort à des textes clairs et indiscutables. Mais je dois me borner aux points qui touchent à l'électrolyse.

Que dire, par exemple, du professeur Mills qui dit que, dans une cuve remplie de sable aurifère dans laquelle une cathode et une anode sont disposées horizontalement l'une sur et l'autre sous le minerai, le courant n'accélère pas l'opération de l'extraction de l'or mais la retarde et détruit en partie la solution de cyanure de potassium qui sert d'électrolyte.

On lui demande alors s'il s'est servi de l'appareil que je viens de décrire, celui qui est la base du procès, et il répond qu'il ne s'en est pas servi, mais qu'il a fait avec ses collègues des expériences dans des vases en verre pour voir la marche générale de l'opération.

— C'est pourtant, dit le juge, le meilleur moyen de s'assurer de ce qui se passe, et si vous voulez voir comment fonctionne et quels résultats donne un procédé, vous devez vous servir de l'appareil spécial à ce procédé.

— Je ne suis pas de cet avis, répond froidement le professeur Mills, et le meilleur plan consiste à supprimer d'un appareil tous les accessoires qui l'accompagnent et de le réduire à sa plus simple expression.

(1) *L'Éclairage électrique* du 8 décembre 1894.

Digitized by Google

— Mais, si vous supprimez ces accessoires, vous ferez peut-être disparaître celui qui est le plus essentiel.

— Tel n'est pas le cas ici. Nous avons supprimé tous les accessoires pour nous assurer mieux de ce qui se produirait.

— Après tout, dit le juge avec beaucoup de bon sens, il s'agissait de savoir si cet appareil pouvait être propre à dissoudre l'or du minerai. Pourquoi donc ne vous êtes-vous pas servi de l'appareil d'abord *avec le courant*, puis *sans courant* pour comparer les résultats des deux expériences?

Le docteur Rattrey Tatlock, membre de la *Royal Society* d'Edimbourg et analyste public de Glasgow, confirme les vues des électriciens dont j'ai parlé plus haut relativement à l'inefficacité du courant électrique. Quand on l'interroge au sujet des expériences qu'il a faites, il déclare qu'il a traité une demi livre de minerai, seulement au lieu d'être des *tailings*, c'est-à-dire des résidus, qui sont le seul objet du système électrique Pielsticker, il a électrolysé du minerai aurifère de Bornéo qui est bien autrement réfractaire que celui du Transvaal. On lui a a fait de justes observations à ce sujet, et on lui a dit très clairement qu'il aurait été beaucoup plus satisfaisant de traiter les mêmes minerais dans les mêmes conditions et dans un même appareil que celui de Pielsticker et on a beaucoup critiqué la façon dont il avait supprimé la circulation du liquide qui fait partie du procédé Pielsticker, à quoi il a répondu qu'il avait remplacé la circulation artificielle par la circulation causée par l'évolution d'hydrogène. La source d'électricité était une batterie de 3 éléments donnant en tout 2,25 volts et plus de 5 ampères. Combien au juste, M. Tatlock ne le sait pas, parce que son ampèremètre n'allait que jusqu'à 5, et, lorsque le courant passait à travers sa petite cuve électrolytique, il n'avait plus que 0,65 volts et 0,1 ampère.

Le docteur G. Gore ne voit qu'un procédé galvanoplastique dans le système Rae et affirme que s'il n'y a pas d'or dissous dans le liquide, il n'y aura pas d'or déposé. Il faut, d'après lui, comme d'après lord Kelvin, qu'il y ait contact de l'or des grains du minerai avec l'anode pour que l'or se dissolve et, dans ce cas encore, si les particules d'or se dissolvent, cela revient au système d'électrodisposition du métal Elkington et il conclut en disant qu'on lui a demandé son opinion sur l'effet du passage d'un courant électrique à travers un minerai dans une solution de cyanure et que, dans ce but, il a fait des expériences dont le résultat est que le courant électrique n'a pas d'effet perceptible sur le minerai. Ce serait là une condamnation très nette de l'électrolyse des minerais, si le docteur G. Gore n'avait pas eu à avouer qu'il n'avait pas fait d'expériences dans l'appareil Pielsticker et dans les conditions décrites dans son brevet.

On ne s'attendait guère à voir M. C. Vautin qui n'est généralement connu que comme chimiste métallurgiste, défendre la cause de l'électrolyse. Il faut avouer qu'il l'a fait de main de maître et qu'il a sapé les théories et les arguments des grands savants qui avaient fait de si étranges dépositions en même temps qu'il a réduit à néant les expériences sur lesquelles ils basaient leur tactique contre l'électrolyse. N'est-il pas remarquable de voir des électriciens de la trempe de lord Kelvin, et du Dr Gore et des chimistes comme sir H. Roscœ. W. Crookes, etc., qui n'ignorent rien des choses de l'électricité se liguer avec la Compagnie du monopole du cyanure pour démontrer que l'électrolyse n'a aucune action sur le métal contenu dans un minerai, dans une solution de cyanure ? Au lieu de se retrancher derrière la galvanoplastie et la dorure galvanique à laquelle ils assimilaient le traitement des minerais par le courant, il eût été facile, simple et instructif pour ces experts de traiter cent kilos de minerai. Ils ont préféré se lancer dans les arguties de la chicane et se livrer à des dissertations sur une vieille expérience de Faraday qui n'avait pas le moindre rapport avec l'extraction de l'or et qu'ils ont répétée dans des conditions qui ne leur font guère honneur.

Digitized by Google

M. Vautin a commencé par affirmer que les expériences qu'il avait faites lui avait prouvé que le courant électrique agit sur une plaque d'or qui n'est ni une anode ni en contact avec une anode.

Il a mis dans un vase en verre une feuille d'or suspendue dans une solution de cyanure de potassium à 75 o/o. La feuille d'or était entre deux morceaux de mousseline. Aucun courant ne traversait la solution.

Dans un autre vase semblable, il a placé une feuille d'or identique, entre deux morceaux de mousseline et dans une solution absolument semblable de cyanure; mais le courant traversait le liquide et l'or se trouvait entre deux électrodes.

La feuille d'or, qui, d'après la loi de Faraday agissait comme anode d'un côté et comme cathode de l'autre, s'est dissoute dans le même espace de temps *cinq* fois plus vite que la feuille d'or qui était dans une solution que ne traversait pas le courant.

L'effet le plus prononcé se produisait dans la ligne directe de force ou de potentiel entre les électrodes. La feuille d'or commença par céder au milieu, puis elle entra en dissolution.

Pour mieux contrôler l'expérience, dit M. Vautin, je la répétai et dans le vase où passait le courant, j'intercalai entre les électrodes une plaque de fer, de sorte que, si la loi de Faraday était correcte et notre expérience aussi, cette feuille d'or sur le parcours du courant devait agir comme cathode du côté où le courant sort de la solution et passe à travers le fer, et comme anode du côté où il quitte le fer et entre dans la solution, et nous devions trouver de l'or déposé sur la face de la plaque de fer qui faisait fonction de cathode, c'est-à-dire celle qui est près de l'anode. C'est ce qui arriva en effet.

— Une plaque de fer semblable mise dans le vase sans courant ne montre pas la moindre trace d'or. Il n'y avait pas l'ombre d'un doute, les expériences avaient été conduites suivant les règles les plus strictes et les plus minutieuses, et la conclusion qu'il me fallait tirer était indiscutable. Une autre expérience cependant fut faite, cette fois avec une feuille d'or flottant sur la solution; dans un vase que ne traversait aucun courant, il fallait un certain temps pour dissoudre l'or. Dans un autre vase, traversé par le courant, l'or fut dissous trois fois plus rapidement; et ce qui démontre que la loi de Faraday est parfaitement juste, c'est que la portion de la feuille d'or qui était le plus près de l'anode n'a pas été dissoute aussi vite que celle qui était près de la cathode, et qui, par conséquent faisait fonction d'anode et se dissolvait. M. Vautin, une fois de plus, a affirmé que le courant exerçait une action et qu'il facilitait la dissolution de l'or.

C'est alors qu'on lui a opposé les expériences de lord Kelvin, dont les conclusions étaient diamétralement opposées. La construction de l'appareil de lord Kelvin était tellement défectueuse, a dit M. Vautin, qu'il était absolument impossible d'arriver à des résultats définis. Si les solutions, l'une avec et l'autre sans courant devaient être l'une à côté de l'autre dans une même cuve, elles auraient dû être séparées par une cloison étanche et il eut encore mieux valu avoir les solutions dans deux vases séparés. Il a montré au juge que la cloison centrale en charbon portait une échancrure au milieu et qu'entre ses fonds et les côtés de la cuve, il pouvait passer un crayon.

Le cyanure dissolvait de l'or sans courant; par diffusion, de l'or était transporté d'un compartiment à l'autre (il faut se rappeler que l'opération a duré plus de 24 heures) et d'après la loi de Faraday, les disques que lord Kelvin considérait comme des électrodes, se polarisaient et devenaient de véritables cathodes sur lesquelles l'or dissous se déposait, ces disques agissant comme anodes et cathodes, le premier comme anode dissolvait de l'or qui se déposait sur le côté du disque voisin qui faisait fonction de cathode, et ainsi de suite, et le résultat de ces expériences et ce qu'il faut en déduire, c'est que d'après le procédé de Rae, presque tout l'or du minerai traité par le cyanure en combinaison avec l'électricité devait se dissoudre.

Digitized by Google

Telle est en résumé la déposition de M. Vautin qui a été réellement écrasante et qui a duré excessivement longtemps; je n'en ai tiré que ce qui a trait à l'électricité, mais au point de vue chimique et métallurgique, il a fait tomber l'un après l'autre, les arguments de la pléïade illustre des membres de la Royal Society dont on croyait que les dépositions seraient tenues pour paroles d'Evangile et que personne n'oserait les contester.

Sans les expériences de M. Vautin, qui ont réduit à néant, les conclusions qu'on tirait de celles de lord Kelvin, la victoire était au monopole du cyanure, et ce qu'il faut admirer le plus dans ce procès, dont il est étrange que la presse, pas même la presse électrique, n'ait donné le compte rendu, c'est la façon magistrale avec laquelle le juge Romer, pendant six jours entiers a conduit les débats, sur ces questions ardues de chimie, de métallurgie et d'électrolyse qu'il paraissait connaître à fond.

Beaucoup de preuves qu'on aurait pu apporter pour établir que la propriété dissolvante du cyanure était connue, ont été mises de côté ou négligées ainsi que ce que j'appelle les faits suggestifs qui ont inspiré l'application du cyanure à la dissolution de l'or des minerais. Il ne manque pas d'exemples dans les ouvrages de chimie et de minéralogie d'expériences faites sur les sulfures d'argent naturels qui étaient traités dans une solution de cyanure de potassium et qui lui cédaient l'argent sans que les autres métaux fussent sensiblement attaqués. La prétendue affinité du cyanure pour l'or est tout au long décrite dans Elsner et les chimistes qui l'ont suivi, qui ont divisé en catégorie les métaux qu'attaque le cyanure et ceux qu'il attaque moins. Il est enfantin d'établir un *distinguo* entre l'or métallique et l'or à l'état de division dans la gangue des minerais. Si le cyanure attaque comme le dit Smée une plaque d'or qu'il dissout assez lentement, il est tout naturel qu'il attaquera l'or qui est dans le minerai pulvérisé.

La *Cassel Gold C°* a ouvert la voie ; c'est elle qui la première a traité les minerais aurifères dans une solution de cyanure. Elle a donné une impulsion immense à l'industrie de l'or surtout au traitement des résidus, des *tailings*, c'est-à-dire des centaines de mille tonnes de sable dans lequel restait encore de l'or qu'on n'avait pas su en tirer. C'est grâce au cyanure que le Transvaal, coin presque inconnu de la terre, est devenu un pays riche où se trouve déjà acclimaté tout ce qui caractérise les pays les plus civilisés. C'était une contrée sans industrie, sans commerce ; les mines l'ont transformée; les gisements de nitrate, les houillères, les mines argentifères, diamantifères, et les quantités inépuisables de minerais d'or et d'argent y ont attiré des capitaux énormes, des milliards, et le matériel, l'outillage le plus perfectionné y est appliqué partout aussi bien en ce qui concerne la mécanique, les machines à vapeur, qu'en ce touche à l'électricité. On ne compte plus, au Transvaal, les mines où l'éclairage électrique est installé ; l'électricité y est employée pour le levage des grandes masses et la concession du transport de la force par l'électricité vient, dit-on, d'être accordée à la maison Siemens qui a déjà établi plusieurs installations de ce genre qui ont donné des résultats magnifiques dans les endroits où se trouvaient des filons riches mais trop éloignés des cours d'eau.

Rien d'étonnant à ce que le gouvernement du Transvaal soit reconnaissant vis-à-vis de la *Cassel C°* à qui il doit sa prospérité merveilleuse, et qu'il ne lui accorde le monopole du cyanure dans toutes ses mines. Mais de là à accaparer le monde entier, il y a loin, et voilà pourquoi la question est si grave pour la métallurgie et l'électrochimie.

Si j'insiste tant sur cette question de l'électrolyse méconnue, répudiée par des hommes de science comme il y en a peu en Angleterre, c'est que réellement les solutions de cyanure n'attaquent bien que les minerais du Transvaal, qui sont peu réfractaires, mais qu'elles respectent au point parfois d'être complètement impuissantes les minerais australiens, américains, etc., qui sont extrêmement rebelles et

Digitized by Google

qui, parfois, en cédent pas même 50 o/o de leur or au cyanure.

Ce que le traitement chimique des minerais réfractaires par une simple lixiviation au cyanure ne peut pas faire, l'électrolyse peut le faire n'en déplaise aux savants même qui l'ont condamnée, et c'est pour que la lumière se fasse sur ces faits autour desquels on a fait le silence et les ténèbres que j'ai raconté presque tout au long les dispositions des experts qui ont déclaré que l'électrolyse des minerais n'existe pas parce qu'elle n'a et ne peut avoir aucune action sur le métal contenu dans les grains de roche pulvérisée et que j'ai décrit les singulières expériences sur lesquelles ils échafaudaient leurs fausses théories et leurs raisonnements spécieux.

E. ANDREOLI.

TRACTION ÉLECTRIQUE
SUR FORTES RAMPES

A une récente séance de l'Institution des Ingénieurs électriciens, de Londres, M. C.-S. du Riche Preller a développé les différentes caractéristiques de la traction électrique appliquée aux chemins de fer de montagne et nous croyons intéressant de donner ici un aperçu comparatif des différentes lignes existant en Europe.

Le rapide développement de la traction électrique en Europe, partout où les conditions locales et les règlements administratifs conduisent à son adoption, est mis en évidence par le fait que dans ces dernières années elle a été également appliquée aux chemins de fer de montagne, c'est-à-dire à des lignes qui ne présentent pas seulement des rampes continues variant de 5 à 25 et jusqu'à 60 o/o, et qui relient la base et le sommet d'une montagne, ou des localités séparées par une chaîne de montagnes.

Il ne sera donc pas inopportun de donner un court aperçu de l'état actuel de cette industrie en Europe, ainsi que les conclusions et les propositions que l'auteur a cru pouvoir tirer de sa propre expérience. Au point de vue du système employé les lignes de montagne peuvent être classées en deux catégories :

1° Traction par câble ;

2° Traction par voitures motrices ou locomotives avec conducteurs fixes.

Traction par câble

Jusque dans ces derniers temps, les chemins de fer funiculaires établis sur divers points du globe, mais notamment dans les Alpes, où leur nombre excède 20, ont été construits pour être actionnés par la pesanteur avec lest d'eau, ou dans quelques cas par des moteurs fixes hydrauliques, à gaz, ou à vapeur.

Le principal inconvénient commun à toutes les lignes actionnées par une composante de la pesanteur consiste dans la charge additionnelle excessive due au lest, qui n'entraîne pas seulement l'emploi de freins puissants, mais en outre celui de freins de sûreté compliqués exigeant beaucoup de précautions ; d'autre part, les trois systèmes à moteurs fixes sont ou économiques, ou lourds et surannés.

Les avantages de la traction funiculaire par moteurs électriques ont été mis en évidence par trois lignes établies en Suisse, toutes trois de construction récente : la ligne du Burgentock, sur le lac de Lucerne ; celle du Mont Salvatore, sur le lac de Lugano ; et celle du Stanserhorn, près du lac de Lucerne. Il n'est pas dans notre intention de donner une description détaillée de ces lignes ; il suffira d'indiquer leurs côtés les plus intéressants, principalement au point de vue électrique.

a) ***Burgenstock.*** — Le sommet de cette ligne est à 880 mètres au-dessus du niveau de la mer ; l'ascension totale en hauteur vertical est de 440 mètres sur une longueur un peu supérieure à 900 mètres. La rampe minima est de 32 o/o, la rampe maxima de 58 o/o. La force motrice électrique pour l'actionnement du câble et des voitures est fournie par une transmission à haute tension (1600 volts) venant d'une station hydro-électrique, située

Digitized by Google

à 4 kilomètres de distance. Deux dynamos à courant continu Thury couplées en série produisent 40 kilowatts. Deux moteurs correspondants également couplés en série, installés au sommet de la ligne actionnent par courroie, transmission intermédiaire et engrenage le treuil du câble. La réduction totale de vitesse est de 700 à 5 tours par minute, ou de 140 à 1, correspondant à une vitesse de la voiture de 5 kilomètres à l'heure. La vitesse de la voiture se règle à la station motrice; le conducteur n'agit que dans des cas exceptionnels.

b) *Mont Salvatore.* — Cette ligne a son sommet à 885 mètres, l'élévation étant de 600 mètres sur une longueur de 1,9 kilomètre, la rampe initiale à la base est de 17 o/o, et la rampe maxima au sommet de 60 o/o. La station motrice est située à mi-rampe, et la force motrice est empruntée à une transmission de 2000 volts ayant pour station, génératrice une usine hydraulique de 1500 chevaux, située à 8 kilomètres de distance; la puissance de la machine à courant continu Oerlikon (Brown) actionnée par une turbine à grande pression est de 60 kilowatts. Le moteur correspondant de la ligne actionne les voitures et le câble de la même façon que dans l'installation précédente, excepté que la rampe du Mont Salvatore est divisée en deux sections.

c) *Stanserhorn.* — Cette ligne gravit à une altitude atteignant 1900 mètres, et présente une élévation totale de 1400 mètres, sur une longueur de 4 kilomètres. Elle est divisée en trois sections, ayant respectivement des rampes maxima de 30 60 et 62 o/o. La puissance nécessaire par voiture est de 40 chevaux, et une station motrice est placée au sommet de chaque section. Les trois moteurs Thury actionnent les treuils comme précédemment, et sont alimentés par la même station génératrice que la ligne de Burgenstock, mais par une ligne de transmission séparée de 4 kilomètres de longueur. Le rendement total de cette ligne comme de celles des autres, est d'environ 60 o/o.

d) *Conclusions.* — Les trois lignes dont nous venons de donner un aperçu très incomplet, marquent un très notable progrès dans la traction par câble. Comparés avec les autres systèmes de traction, ils donnent une économie de 50 o/o sur le poids des voitures, le poids total, avec 36 voyageurs n'étant dans le cas précédent que de 15 à 20 tonnes, et sur les lignes électriques de 6 à 7 tonnes seulement. D'autre part, le coût moyen de construction des funiculaires suisses d'ancien système n'est pas inférieur à 1,650,000 francs par kilomètre, tandis que celui des lignes électriques n'est que de 960,000 francs par kilomètre. De même, les dépenses d'exploitation sur les anciennes lignes, varient, à une ou deux exceptions près, entre 60 et 80 o/o, tandis que les lignes électriques ne dépensent que 45 o/o des recettes.

Ces trois lignes montrent aussi un développement remarquable dû à la traction électrique, en ce sens que la longueur desservie des rampes très fortes a été graduellement augmentée à 1000, 2000 et 4000 mètres, ce qui équivaut, au point de vue du travail mécanique, à la traction en palier sur 23, 32 et 70 kilomètres respectivement. Enfin, la plus grande sécurité et la douceur de roulement des voitures attestées par les lignes du Burgenstock et du Mont-Salvatore, ont permis de se passer au Stauserhorn de la crémaillière employée par mesure de précaution sur les précédentes lignes, de sorte qu'au Stauserhorn la traction électrique permet de gravir une montagne très élevée, avec des moyens tout différents de l'ancienne crémaillière et des locomotives spéciales, comme celles qui dessert le Mont Pilate.

Traction par voitures automobiles ou locomotives avec conducteurs fixes

Le premier chemin de fer de montagne à traction électrique avec conducteurs fixes a été la ligne de Florence à Fiesole, ouverte en 1891. Vinrent ensuite la ligne de Murren, en Suisse, en face de la Jungfrau; celle du Mont Salève, en Savoie (près de Genève); celle de Gênes, et enfin les tramways de Zürich; et plus récemment encore une ligne du même genre à Barmen, dans la Prusse Rhénane.

Digitized by Google

Parmi ces lignes, celles de Florence, Murren, Gênes et Zurich présentent des rampes continues de 8, 5, 7 et 6 o/o respectivement, et sont du système ordinaire à trolley avec retour par les rails joints électriquement, tandis que les lignes du Salève et de Barmen ayant les rampes de 25 et de 18 o/o sont munies de crémaillères; la première prend son courant sur un rail de contact, l'autre sur un fil aérien. La ligne de Murren est la seule qui ait des locomotives électriques: toutes les autres sont desservies par des voitures ordinaires à moteurs.

a) A *Florenee*, la station génératrice, située au bas de la rampe, comprend trois chaudières Tosi, trois machines verticales compound d'Oerlikon, de 90 chevaux, et trois dynamos Edison ensemble de 245 chevaux actionnés par courroie. Les 12 voitures automobiles sont pourvues chacune de deux moteurs Sprague-Edison ou de 20 chevaux, couplés en série et suspendus sur ressorts, les uns avec engrenage à double réduction, les plus récents avec engrenage à simple réduction. Le rendement total ressort à 66 o/o.

b) Sur le *Murren*, dont l'altitude est de 1600 mètres, l'énergie est produite par une turbine à grande pression, qui commande directement une dynamo Brown de 120 chevaux. La station génératrice est établie à mi-rampe, et la puissance est empruntée au torrent de la célèbre chute du Staubbach. Les quatre locomotives pèsent chacune 7,5 tonnes et portent deux moteurs de 30 chevaux à simple réduction. L'effort de traction de chaque locomotive est d'environ un tiers de son poids, et le rendement total du système est de 68 o/o.

c) La station génératrice du *Mont-Salève* (1130 mètres d'altitude) est située à environ 1,5 kilomètres de la ligne; elle comprend deux turbines à basse pression et deux dynamos multipolaires Thury, à excitation séparée montées sur les arbres verticaux des turbines, et donnant 500 chevaux qui ne représentent que le quart de leur puissance normale totale. Les 12 voitures sont munies chacune de deux moteurs Thury à quatre pôles, de 30 chevaux, à double réaction de vitesse, et le courant est pris sur un rail de contact extérieur à l'aide de sabots de contact métallique. Principalement à cause des engrenages très lourds, le rendement total n'est que d'environ 52 o/o.

d) A *Gênes*, la station génératrice est à environ 2 kilomètres de distance de la ligne; elle contient à présent deux chaudières, deux machines compound Tosi, de 160 chevaux, et deux dynamos à pôles internes de Siemens de 110 kilowatts, commandées par courroie. La ligne actuelle qui forme le noyau d'un système suburbain projeté, est desservie par six voitures, munies chacune de deux moteurs Siemens de 16 chevaux; la réduction de vitesse obtenue par chaîne de transmission est de 10 à 1. Le courant est pris sur un fil aérien par deux cadres de contact de Siemens et Halske.

e) La station de *Zurich* est placée à l'extrémité supérieure de la ligne; elle comprend deux chaudières, deux machines verticales d'Oerlikon de 100 chevaux, des dynamos de puissance correspondante et une batterie de 300 accumulateurs Tudor. Les 12 voitures automobiles sont munies chacune de deux moteurs Oerlikon de 12 chevaux. Le rendement total de la ligne est de 65 o/o.

f) A *Barmen*, la station d'énergie se trouve au bas de la côte, et contient deux machines Compound de 225 chevaux actionnant directement deux dynamos à pôles internes de Siemens de 155 kilowatts chacune. La ligne est desservie par 10 voitures automobiles, pourvues chacune de deux moteurs Siemens de 36 chevaux qui actionnent par engrenage les pignons de la crémaillère. Le rendement total est de 60 à 65 o/o.

g) *Conclusions.* — On voit que la force motrice employée à Florence, Gênes, Zurich et Barmen est la vapeur, et que les lignes de Murren et du mont Salève utilisent des forces hydrauliques. Les dynamos sont actionnées directement dans quatre cas, et indirectement dans les deux autres. Malgré le prix élevé du combustible en Italie et en Suisse, et malgré

Digitized by Google

les fortes rampes sur les lignes de Florence, Gênes et Zurich, les dépenses d'exploitation courantes n'excèdent pas 30 centimes par voiture-kilomètre ; les dépenses totales d'exploitation, comprenant l'administration et l'amortissement, sont inférieures à 50 centimes par voiture kilomètre, ou environ 50 o/o des recettes.

Sur les lignes du Murren et du Salève, le coût de la force motrice hydraulique se trouve réduit à celle des salaires et des réparations. Dans le premier de ces cas, les dépenses d'exploitation n'excèdent pas 40 o/o des recettes ; tandis que dans le dernier elles atteignent 80 o/o, le prix des places étant faible.

Un fait remarquable est la vitesse constante de 16 kilomètres à l'heure avec laquelle les voitures automobiles gravissent les côtes de 6, 7 et 8 o/o; à la descente on ne craint pas d'aller jusqu'à une vitesse de 24 kilomètres à l'heure, car on possède dans les moteurs électriques un frein puissant et d'action instantanée, puisqu'il suffit de les faire fonctionner en génératrices pour absorber toute la force vive acquise. Ce moyen est employé exceptionnellement; pour tous les cas ordinaires, le frein mécanique suffit pour arrêter la voiture en quelques mètres de parcours.

En ce qui concerne le prix de revient de la traction électrique et de la traction à vapeur sur les lignes à simple adhésion ou à crémaillère, l'auteur donne comme un résultat d'expérience que la traction électrique est au moins de 50 o/o moins coûteuse que la vapeur.

J. Reyval.

(A suivre.)

EXTRAITS

DE LA PRESSE INDUSTRIELLE

COMMUNICATIONS

L'assainissement des maisons par l'électricité, système Hermite.

Notre collaborateur M. Rigaut a fait connaître à nos lecteurs le procédé et les appareils employés par M. Hermite pour l'assainissement des villes au moyen de l'électricité. Les applications de ce procédé sont multiples Après avoir proposé d'assainer une ville au moyen d'une station centrale qui produit et refoule le liquide désinfectant dans tous les ruisseaux des rues et même dans les maisons, M. Hermite vient de créer un appareil domestique pour la désinfection de la maison, en utilisant le courant électrique qui sert à son éclairage.

On se rappelle le principe du procédé consistant dans l'emploi d'un liquide désinfectant obtenu par l'électrolyse de l'eau de mer, ou d'un mélange de chlorures de sodium et de magnésium. A la tension du courant employé dans l'électrolyseur, le premier de ces sels n'est pas attaqué, il sert simplement de conducteur, tandis que la décomposition du second donne naissance à un composé oxygéné du chlore qui est un antiseptique énergique.

Pour la production de ce liquide dans les maisons, M. Hermite a imaginé un appareil électrolyseur fort simple, dont nous trouvons la description dans la *Revue industrielle.*

Les figures 1 et 2 montrent en coupe et en plan cet appareil qui se compose d'une série de tubes en fonte galvanisée formant les pôles négatifs et traversés par le liquide à électrolyser. Dans ces tubes sont placées des électrodes positives en platine et l'appareil comporte d'autant plus d'éléments que la force électromotrice du courant à employer est plus grande. On le construit généralement avec 15 éléments pour utiliser de 8 à 22 ampères sous une tension de 110 volts; celui que représentent nos dessins convient pour les installations particulières donnant une tension de 50 à 55 volts. La prise du courant est faite au moyen de deux bornes à partir desquelles les éléments sont réunis en tension et la consommation est indiquée par le compteur.

Cet appareil est logé dans une enveloppe de forme élégante et fixé sur un mur ou posé simplement sur une table. On le met en communication avec un réservoir en charge qui, à

Digitized by Google

défaut d'eau de mer, est rempli simplement d'une solution de sel industriel dénaturé additionné d'un peu de chlorure de magnésium. En ouvrant un simple robinet, disposé à l'avant de la tubulure de gauche placée à la partie inférieure de l'appareil, la solution remonte dans les tubes où elle est électrolysée; le liquide désinfectant ainsi produit s'écoule dans un collecteur central et par une tubulure diamétralement opposée à la précédente, il est conduit au lieu d'utilisation.

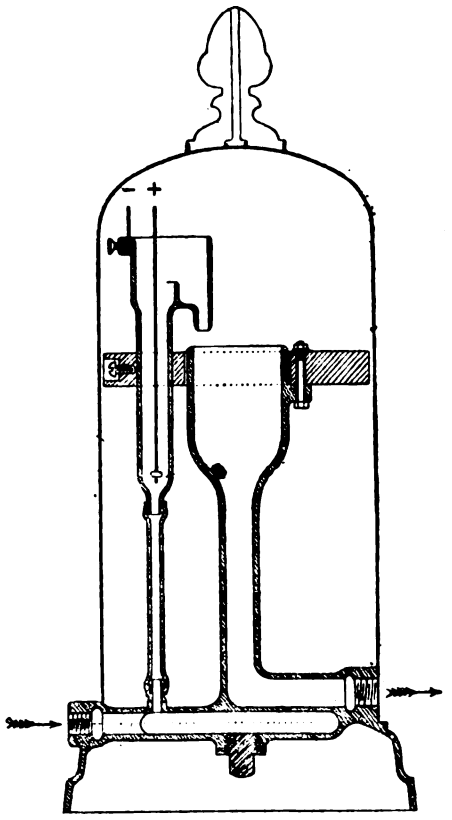


Fig. 1.

On peut donc, sans aucune installation mécanique, obtenir, dans la maison, l'assainissement des cabinets d'aisances, et étendre la désinfection aux usages domestiques, tout en réalisant sur la consommation d'eau de grandes économies.

Si, sur la durée du contact nécessaire entre le liquide désinfectant et la matière à traiter, pour que la stérilisation soit complète, les bactériologistes ne sont pas encore bien d'accord, en revanche ils sont unanimes à constater que la désodorisation des eaux d'égout et des matières fécales est immédiate. Alors même que les propriétés de ce liquide ne s'étendraient pas au delà, ce qui, du reste, n'est pas absolument le cas, la suppression des odeurs est déjà un avantage très grand pour une foule d'établissements, d'usines, d'hôtels, de grands magasins et à bord des navires.

La disposition générale d'un tel service d'assainissement est sensiblement la même quel que soit le genre de l'installation. Elle consiste en principe à établir en charge un réservoir dans lequel on a soin d'entretenir une provision d'eau de mer naturelle ou artificielle, et qui, par un robinet d'un débit convenablement

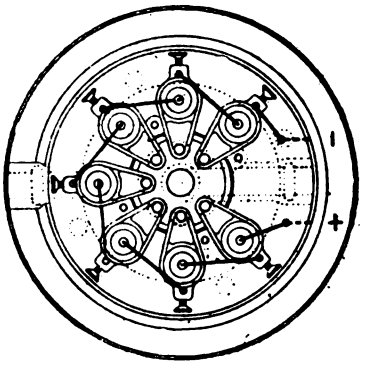


Fig. 2.

réglé, dessert un électrolyseur central; à son tour, celui-ci charge de liquide désinfectant, un second réservoir d'où partent des canalisations allant aux endroits à desservir; suivant les cas, ces dernières alimentent des récipients de chasse manœuvrés à la main ou fonctionnant automatiquement dans les water-closets, ou bien elles fournissent elles-mêmes, d'une manière automatique, le liquide électrolytique en quantité convenable pour la désinfection.

On arrive ainsi à éviter, dans les urinoirs par exemple, toute odeur, même dans les conditions les plus défavorables, et sans recourir à l'emploi de désinfectants qui causent souvent une gêne à beaucoup de personnes; on réalise aussi, dans la dépense d'eau, une économie qui, dans certaines circonstances, est très appréciable. Au surplus, diverses dispositions

Digitized by Google

faciles à établir, permettent de régler le fonctionnement suivant les besoins; c'est ainsi que, dans une installation particulière, un mécanisme à flotteur est disposé de façon à interrompre le courant et à suspendre l'arrivée de l'eau de mer dans l'électrolyseur lorsque le récipient, placé à la suite de ce dernier, est plein de la solution désinfectante. Le fonctionnement reprend ensuite automatiquement dès que l'approvisionnement descend au-dessous de a quantité normale.

Ce n'est pas seulement dans les maisons qui ont le tout-à-l'égout et les water-closets perfectionnés que cet appareil de désinfection est applicable, il l'est aussi dans les maisons à fosses étanches ou non; enfin, à bord des navires éclairés à l'électricité, les conditions sont particulièrement favorables pour l'emploi de ce mode de désinfection.

Soupapes actionnées électriquement pour conduites de vapeur, de gaz et d'eau, E. Berg (1).

Tous les tuyaux conduisant un liquide ou un gaz sous pression présentent un certain danger. Les accidents auxquels ils donnent quelquefois lieu ont leurs causes non dans le mode de transmission mais dans la disposition défectueuse des installations. Dans presque tous les cas, le danger pourrait être évité, si ces tuyaux de conduite étaient disposés de façon qu'au moment critique ils puissent être rendus inactifs, comme on l'a fait pour les conducteurs électriques. Mais comme un pareil procédé n'est pas applicable aux conduites de vapeur, de gaz et d'eau, il reste à étudier des dispositions permettant d'arrêter à distance du lieu exposé au danger, l'élément destructeur.

Ce problème ne semble pouvoir être résolu pratiquement qu'en ayant recours à l'électricité agissant sur les appareils de sûreté habituellement prévus.

La figure 1 représente une soupape d'arrêt automatique pour conduites de vapeur. La tige de la soupape B porte un piston A mobile à l'intérieur d'un cylindre. La course de la soupape se règle au moyen de la roue à main K. Le tout peut également être soulevé par un levier, embrassant en D le manchon de la tige, et dont l'autre extrémité bute contre l'arbre hémi-cylindrique E. Cet arbre est lui-même arrêté par l'armature F d'un électro-aimant. Comme on le voit, cette disposition permet de manœuvrer la soupape à la main, indépendamment du système de leviers qui n'entre en action qu'en cas de danger.

La vapeur entre dans le sens indiqué par la flèche, et pénètre par l'ouverture C dans le cylindre au-dessus du piston A. Lorsqu'il devient nécessaire de fermer instantanément

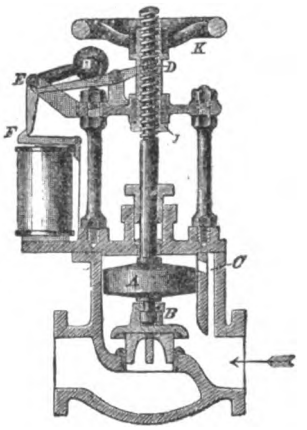


Fig. 1.

la vapeur, il suffit de fermer le circuit. L'électro-aimant attire alors son armature qui abandonne le levier de l'arbre E, lequel, sollicité par un poids H, tourne d'un quart de tour. Par cette rotation le point d'appui du grand levier d'arrêt de la soupape vient à manquer, et la vapeur en agissant sur le piston, ferme la soupape.

La soupape d'arrêt pour conduites de gaz est analogue comme principe, à la précédente. Toutefois, comme elle est actionnée par le compteur, elle présente quelques avantages importants.

Les figures 2 et 3 en montrent la disposition. La soupape est soulevée de son siège par un levier pivoté en H et qui est maintenu dans

(1) Communication faite à la Société électrotechnique de Berlin.

Digitized by Google

cette position par l'arbre demi-cylindrique G, arrêté lui-même par un crochet prolongeant l'armature de l'électro-aimant. L'ouverture de la soupape peut être réglée à l'aide de la vis J, et l'index mobile sur un secteur gradué indique en même temps le nombre de becs correspondant au débit. B est un commutateur pour le contrôle des circuits.

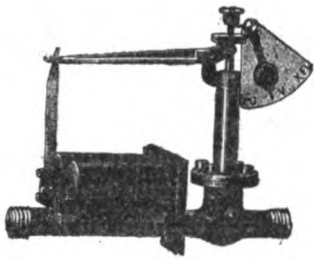


Fig. 2.

C'est un dispositif à contacts combiné avec le compteur et qui permet d'indiquer électriquement la consommation de gaz. Ce système est ainsi composé : A l'intérieur du compteur se trouve fixé sur l'extrémité antérieure de l'axe des unités un aimant permanent, agissant sur un autre aimant disposé à l'extérieur et qui, pendant sa rotation, plonge périodiquement dans un bain de mercure et ferme

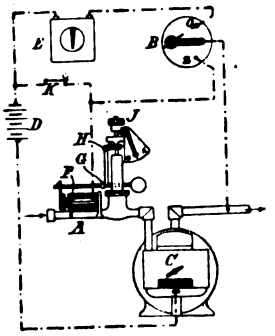


Fig. 3.

ainsi le circuit électrique. De cette façon l'étincelle de rupture ne peut se produire au sein du gaz, et en outre le contact est facile à inspecter. E est un appareil à signaux de disposition quelconque.

Pour la consommation journalière, on met la manette du commutateur B dans la position de circuit ouvert. Si à un moment quelconque on désire connaître la consommation horaire, on place la manette du commutateur B sur « contrôle », et l'on observe l'intervalle entre deux signaux successifs à l'appareil E, intervalle qui donne la mesure de la consommation de gaz à ce moment, étant donné le volume

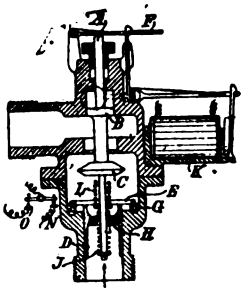


Fig. 4.

de gaz correspondant à un tour des aubes du compteur.

D'une manière analogue, le consommateur peut déceler l'existence de fuites de gaz par la consommation anormale qu'indique l'appareil lorsqu'un seul bec reste allumé. Le dispositif présente en outre l'avantage de ne pas permettre d'ouvrir le robinet principal sans que le consommateur puisse s'en apercevoir.

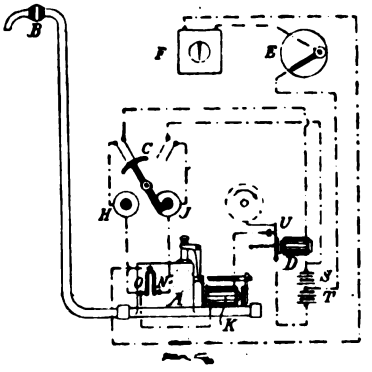


Fig. 5.

L'application de ce système aux conduites d'eau est plus difficile. Là, interviennent des facteurs tels que accumulation d'air, variation de pression, coups de bélier, qui doivent déterminer le mode de construction de l'appareil. Quant à l'utilité du système, elle est évidente, puisqu'il permet d'éviter les dépenses d'eau inutiles et de signaler les fuites.

Digitized by Google

La figure 4 montre la soupape d'arrêt disposée pour le cas des conduites d'eau. La tige A de la soupape porte le piston amortisseur B et la soupape C, enfin le piston d'admission D, ce dernier glissant à frottement doux sur la tige et portant l'aimant E.

L'eau entrant dans le sens de la flèche soulève la soupape d'admission D, et s'écoule par les ouvertures du disque G. Dans les mouvements de retour de l'eau, le clapet H s'ouvre et revient sur son siège sous l'action du ressort J, dès que ce mouvement de retour cesse. Si la soupape est rendue libre par le déclenchement de l'électro-aimant K, il faut, avant que la tête de soupape C puisse atteindre son siège, que le piston B refoule l'eau qui se trouve au-dessus de lui, ce qui amortit le mouvement, et le ressort L agit dans le même sens en s'opposant à la pression de l'eau.

Le déclenchement du mécanisme s'opère à la suite de la fermeture du circuit par l'aimant E agissant sur l'aimant extérieur qu'il met en contact avec la borne O.

Dans la figure 5, qui est un schéma des circuits, A représente la soupape d'arrêt avec l'électro déclencheur K et les deux contacts O et N. En C, est un commutateur polarisé avec ses bobines H et J. D est un interrupteur à fréquence réglable.

Quand on ouvre le robinet de sortie B, le contact en N est rompu, celui en O se ferme. La pile S envoie un courant par DCHO, etc., et rompt le contact U, avant que l'électro K ait attiré son armature. Mais en même temps, H attire l'armature de C et ferme le courant sur J. Mais l'armature de D ne peut retourner à sa position initiale que lentement, parce qu'il est maintenu par un ressort jusqu'au moment où une roue d'échappement, mue par un mouvement d'horlogerie, ait parcouru un certain angle. Pendant cette interruption de U, de durée quelconque arbitraire, la circulation de l'eau est arrêtée, c'est-à-dire que le contact O est ouvert. S'il n'en est pas ainsi, la pile T déclanche au moyen de l'électro K la soupape d'arrêt et rend impossible le passage de l'eau.

Il en est autrement, quand le robinet de sortie n'est ouvert que pendant la durée fixée d'avance ; le contact N, qui est alors fermé, excite l'électro J, lequel ramène l'armature dans la position indiquée sur le dessin, et le jeu des divers organes recommence.

Séparation magnétique du fer dans le minerai de zinc, par M. E. Ferraris (1)

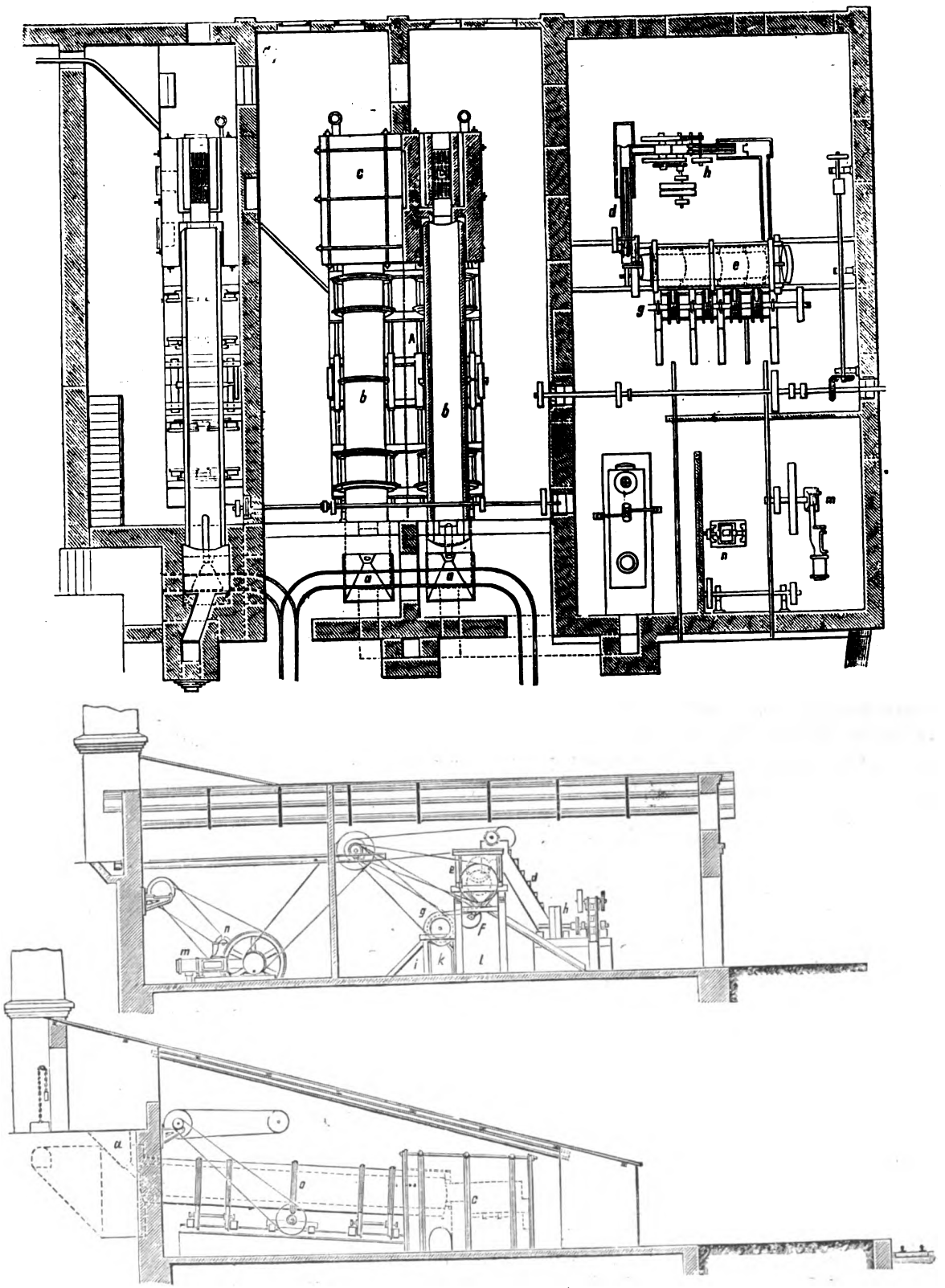
Cette nouvelle application de l'électricité a été réalisée par l'auteur dans une mine de Sardaigne à Monteponi. Jusqu'à présent on obtenait, en dehors du minerai apte à être traité, un produit absolument inutilisable et sans aucune valeur commerciale, bien qu'il contint environ 26 o/o de minerai de zinc mélangé à environ 10 o/o d'oxyde de fer. Des expériences ont montré qu'après réduction par la chaleur de Fe^2O^3 en Fe^3O^4 on obtenait un oxyde de fer magnétisable, ce qui rendait possible la séparation du fer.

Les figures ci-jointes montrent les détails de cette installation. Le minerai à griller tombe à travers un entonnoir *a* (fig. 1) dans le four *bb* (fig. 1 et 3). De là, le minerai est introduit à l'aide d'une chaine à godets *d* (fig. 2), dans un cylindre à cribler *e*, qui le partage en cinq grosseurs différentes. Les quatre plus fines tombent directement sur les électro-aimants. Les morceaux trop gros, à partir d'un diamètre de 5 millimètres, sont réduits à la finesse voulue à l'aide d'un jeu de laminoirs *h*, d'où la matière est conduite sur les électro-aimants. Ces aimants séparent la matière, ils font tomber le minerai riche en zinc en *i*, l'intermédiaire en *k* et l'oxyde de fer en *l*.

Le four à révolution se compose d'un cylindre en tôle enfermé dans une garniture de terre réfractaire ; ce cylindre a 10 mètres de long et 1,5 mètres à 1 mètre de diamètre. La disposition de ce cylindre n'offre rien de nouveau ; il fait 16 tours par minute ; l'inclinaison est de 1/16. On a ménagé entre le fourneau C et le cylindre un espace pour recevoir la matière grillée.

(1) *Zeitschrift fur Electrochemie*, 1894, p. 363.

Digitized by Google



Figures 1, 2 et 3.

Digitized by Google

Chacun des 3 fours peut griller par jour de 24 heures, 12 tonnes de minerai avec une dépense de 2 tonnes de charbon. Le feu est conduit par des souffleries qui élèvent la température du fond du cyclindre à 2000° C.

Les figures 4 à 7, montrent la disposition des électro-aimants. Sur un anneau, placé entre deux plaques de zinc *f*, on a fixé 24 rayons en fer *a*, qui forment les noyaux

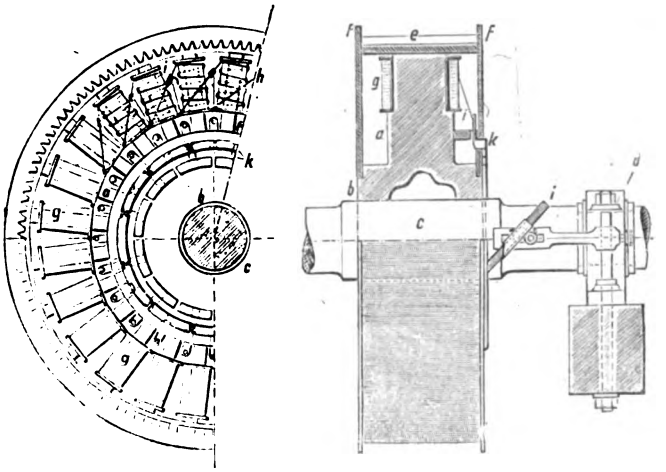


Fig. 4 et 5.

d'autant d'électro-aimants *g* sur lesquels on a enroulé du fil isolé. Ces 24 enroulements sont reliés en tension ; le courant arrive par les balais *i* et traverse le commutateur *k*. Les conducteurs *ii* conduisent le courant dans deux

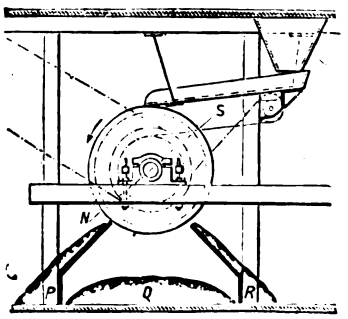


Fig. 6.

directions opposées ; on obtient ainsi 12 pôles nord et 12 pôles sud avec un axe neutre. Les balais sont en effet assez épais pour couvrir deux sections consécutives, et comme un balais est alors relié à deux conducteurs consécutifs *t*, il s'en suit que les courants qui vont en sens inverse se neutralisent, et que l'élec-

tro-aimant correspondant, se trouve pratiquement hors de circuit. Dans ces conditions, si on fait tourner l'armature, en maintenant les balais immobiles, on aura toujours deux aimants inactifs qui laisseront tomber la matière attirée. L'appareil est disposé de telle manière que la matière non magnétique tombe en P (fig. 6) et que la matière magnétique est entraînée jusqu'en R où elle tombe parce que l'aimant entre dans la zone neutre. La matière faiblement magnétique se rassemble en Q.

La première partie de cette installation a été mise en action en mai 1890 ; dans la première année on a traité 5000 tonnes de déchet, qui

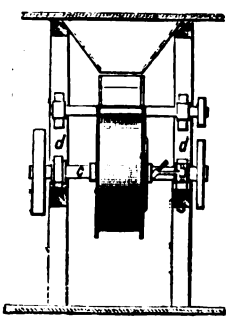


Fig. 7.

ont fourni 1530 tonnes de produit concentré ayant une teneur en zinc de 41,7 o/o ; actuellement on peut compter sur une teneur de 45 o/o.

En dehors de cette matière concentrée, l'usine produit du minerai de fer pur et un produit intermédiaire, qu'on traite à nouveau.

Digitized by Google

Notes sur les tramways électriques aux Etats-Unis et au Canada, par M. H.-D. Wilkinson (1).

L'action s'observa alors à des endroits proches de l'usine de force motrice auxquels le courant quittait les tuyaux, et on la surmonta en faisant à ces endroits de forts assemblages en cuivre avec les tuyaux, et en portant ces assemblages aux pôles négatifs des générateurs à la station de force motrice. On trouva aussi que les tuyaux de gaz devaient être traités de la même manière et l'on fit des assemblages soudés entre les tuyaux de gaz et d'eau dans tous les grands bâtiments et à divers endroits dans les rues.

Là où les courants de retour atteignaient de 12 000 à 15 000 ampères, on trouva que le sol, le long de la voie, était échauffé et il fallut employer des alimentateurs de retour, partant de points fortement chargés. On enfonça ces alimentateurs, près de la station, jusqu'aux tuyaux souterrains, car on avait observé que, si l'on n'agissait pas ainsi, les tuyaux entrant à la station étaient à une différence de potentiel atteignant quelquefois jusqu'à 5 volts et suffisante pour chauffer un fil de fer entre eux, par suite avec danger de feu.

M. Morse, dans un long mémoire sur cette question, lu devant la *New England Water Works Association*, à Boston, Massachusetts, en janvier 1893, dit qu'il a essayé de recouvrir des tuyaux avec de la roche brisée et, dans les endroits boueux, de les noyer dans du ciment pour les protéger ; mais ce système était coûteux et il était inefficace, à moins d'être appliqué complètement sur tout le système de tuyaux.

M. Wilkinson estime que les effets électrolytiques gênants qui se sont produits à Boston étaient causés par des charges électriques considérables, par la négligence dans les assemblages avec les rails. Cette ville a acheté chèrement une expérience qui a profité à d'autres, car sur des lignes récentes on a adopté des alimentateurs pour retour et on a effectué de bons assemblages.

En même temps la grande densité du courant a fait que l'on s'est demandé s'il n'y aurait pas quelques autres moyens de distribuer le courant aux voitures.

Un système qui est sur le point d'être essayé à Boston et à Cambridge est celui du courant à trois fils ou courant par zone. L'agent de retour au rail ou à la terre serait alors le fil neutre et les sections de fil à trolley seraient alternativement positives et négatives. La section des fils à trolley et des fils d'alimentation dans un rayon, par exemple, de 16 hectomètres de la station de force serait à 500 volts de potentiel positif et les sections extérieures à 500 volts de potentiel négatif. En outre cette section pourrait, à son tour, être divisée en zones de 8 ou de 4 hectomètres et même subdivisée encore, ce qui empêcherait d'une façon pratique tout écoulement de courant dans le sol. De la sorte le potentiel et le volume de courant seraient distribués plus uniformément sur le circuit et il y aurait moins de concentration de courant aux ateliers de force motrice. Le courant reviendrait par les alimentateurs isolés. D'autre part il y aurait un courant allant, à travers les rails ou la terre, des voitures d'une section aux voitures d'une autre section ; mais ce courant-ci fournirait de la force motrice à deux fois autant de voitures que sur le système à deux fils. Dans de rares occasions, il pourrait arriver que toutes les voitures se trouvassent sur une seule section ou sur une série de sections à un seul potentiel; l'action alors serait semblable à celle d'un système à deux fils, et le courant reviendrait par les rails et la terre à la station. Il serait facile, au moyen d'une haute résistance insérée à travers la lacune, d'empêcher la formation d'étincelles.

On ne peut se prononcer sur l'avantage général d'un pareil système, avant essais ; mais, en ce qui concerne le courant de retour, il paraît faciliter considérablement l'exploitation.

(1) *L'Eclairage Electrique* du 8 décembre 1894, page 603.

Digitized by Google

On a essayé, à Boston, de souder les plaques aux rails, en faisant ainsi un joint électrique permanent et sûr. La Compagnie Johnson, après avoir obtenu de bons résultats sur 914 mètres de voie expérimentale, fut autorisée à souder 26 kilomètres pour la *West End Street Railway Company*, et pendant deux ans les rails n'ont présenté aucune tendance à gondoler. Au cours du dernier hiver cependant les rails se sont brisés en sections d'environ trois cents mètres, par suite de contractions, et les fractures se sont toujours produites près de la soudure. L'auteur croit néanmoins que cette méthode, convenablement modifiée, donnera la solution cherchée. Il faudrait, d'après lui, faire les joints en dehors des plaques, en laissant une ouverture pour la contraction, et disposer les pôles du soudeur de manière à distribuer la chaleur graduellement à partir de la soudure, ce qui empêcherait une inégale dilatation du métal. L'absence de métaux dissemblables assure la permanence du joint.

En résumé, l'auteur estime que l'on a trouvé la cause des perturbations électrolytiques dans l'insuffisance de conductibilité des joints des rails et dans ce que les alimentateurs manquent de conductibilité propre de retour.

Lorsque le trafic augmente sur la ligne ou lorsqu'il se produit des allongements et que la force motrice supplémentaire est empruntée à la même station, il faut ou augmenter la surface de section des assemblages (si on ne les a pas pris, dès le début, de dimensions suffisantes pour les exigences finales) ou poser des alimentateurs de retour pour soulager les assemblages; autrement, le courant refluerait des rails dans la terre. C'est ce qui a effectivement eu lieu pour quelques systèmes aux États-Unis, et l'on a laissé le courant s'échapper jusqu'à ce que l'échauffement des joints et des assemblages des rails eût attiré l'attention sur la manque de conductibilité.

Ce déversement du courant se produit sur les grandes lignes ou lignes troncs sur lesquelles convergent plusieurs embranchements. Il est moins sujet à avoir lieu sur les lignes simples ou celles d'où ne partent pas d'embranchements, car même avec une perte excessive de volts par kilomètre, la densité du courant est bien proportionnée à la capacité des assemblages ordinaires simples. Prenons, par exemple, une ligne de 48 hectomètres, à double voie, entre A et B (fig. 10) et considérons-la d'abord sans lignes latérales. Supposons que les départs aient lieu toutes les 3 minutes et que la vitesse moyenne, en tenant compte des arrêts, soit de 12 kilomètres par heure. Les voitures seront distantes de 6 kilomètres et il y aura huit voitures sur chaque voie. Avec deux moteurs par voiture, le courant sera d'environ 25 ampères à la vitesse maxima; mais quelques voitures partiront en

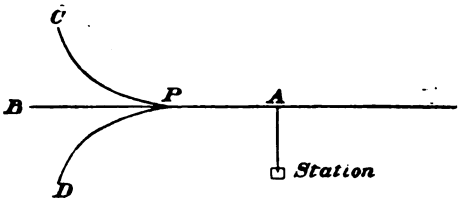


Fig. 10.

employant 100 ampères, et nous pouvons prendre pour la moyenne environ 50 ampères par voiture. Le courant maximum retournant de A à la station de force sera alors de 800 ampères et le maximum en B de 100 ampères. La résistance des assemblages de cuivre varie selon la méthode d'assemblage, la longueur et le diamètre du fil d'assemblage et selon que ce fil est double ou simple. Par 16 hectomètres de rail parcouru, les assemblages peuvent avoir depuis un sixième de la résistance du rail jusqu'à deux ou trois fois cette résistance. En prenant un rail de 32 kilogrammes, avec des assemblages à basse résistance, en fil de cuivre, de 75 millimètres (12 pouces) de long, et à double fixage, nous aurons $0^{ohm}0344$ pour la résistance par 16 hectomètres de rail et $0^{ohm}0056$ pour la résistance par 18 hectomètres d'assemblage (176 par 18 hectomètres), au total $0^{ohm}04$ ou $0^{ohm}01$ pour la double voie. La perte de voltage

Digitized by Google

sera donc d'un volt par 18 hectomètres, par 100 ampères. En tenant compte de cela pour les variations d'intensité du courant sur différentes portions du retour, nous avons une perte de 10 volts sur 27 hectomètres de A à P et de 4 volts sur une égale distance de P. à B : total, 14 volts.

Supposons maintenant qu'un embranchement soit posé de P à C, et que sur cet embranchement de 24 hectomètres les voitures circulent à la même vitesse en fournissant un service égal. Cet embranchement absorbera 4 volts, mais la perte entre P et A sur la ligne principale augmentera jusqu'à 19 volts ; et, si l'on ajoute une autre branche analogue, P D, la perte sur la ligne principale deviendra 28 volts ; la perte totale sera donc de 32 volts. Si l'on considère qu'avec un rail continu, sans assemblages, la perte n'est réduite que de 5 volts, on verra que, pour empêcher la perte d'énergie, sans réduire la densité du courant, il faut relier les alimentateurs de retour aux rails de la ligne principale.

Considérons maintenant la densité du courant. Nous avons dans la ligne principale, si les deux branches fonctionnent, un courant de 1 300 ampères en P et de 2 400 ampères en A. Le courant maximum par rail est donc de 600 ampères, et ce courant, sur 7 pouces carrés (45 centimètres carrés), donne une densité de 86 ampères par pouce carré (6 cmq. 45), ce qui équivaut à 510 ampères par pouce carré de cuivre. On pourrait augmenter ce résultat quatre ou cinq fois sans qu'il se produisit dans le rail une élévation sensible de température ; mais, en considérant les assemblages dont la surface de section par rail est de 0 262 pouce carré, (1 cmq. 690), nous trouvons une densité de 2 290 ampères par pouce carré. Dès lors, il suffirait probablement d'augmenter très peu le courant pour faire s'échauffer les assemblages et refluer ce courant dans la terre ; cependant les assemblages, sur beaucoup de lignes des Etats-Unis, ont moins de surface de section que sur la ligne en question et les courants sont de deux à quatre ou cinq fois plus considérables, car ils produisent dans les assemblages des densités bien plus élevées que celles qui peuvent être supportées par ceux-ci. Je crois fermement que telle est la cause de la plupart des perturbations électrolytiques aux Etats-Unis. Les lignes principales sur lesquelles s'alimentent un grand nombre de branches suburbaines ont souvent une longueur considérable et les voitures se meuvent nécessairement plus lentement par suite de leur accumulation sur une seule ligne. Ce n'est pas seulement en raison du nombre de voitures, mais aussi à cause de leur infériorité de vitesse, et de la fréquence des démarrages que le courant lancé dans les rails augmente beaucoup et que la densité dans les assemblages devient bien supérieure à celle que ceux-ci peuvent supporter. Nous avons vu que ce n'est pas une question de résistance ou de conductibilité de l'assemblage, car la perte de voltage *au-delà* de celle qui se produit sur un rail continu n'est guère que d'un sixième, et, par, suite l'augmentation de conductibilité ne donne pas de bénéfice appréciable en ce qui concerne la réduction du voltage. C'est une question de rapport entre la surface de section d'assemblage et le courant maximum que l'assemblage est destiné à supporter, et ce courant, à l'estimation de M. Wilkinson, ne devrait pas dépasser 2 000 ampères par pouce carré (6 cmq., 451). Cette surface de section de l'assemblage se rapporte autant aux portions qui, au joint ou aux joints, sont en contact avec le rail, qu'au fil d'assemblage lui-même, simple ou double.

L'auteur ici passe à l'examen d'une certaine règle 7 des règlements du Conseil de commerce (*Board of Trade Regulations*). Sous sa forme primitive, cette règle exigeait que la résistance originale ou enregistrée du retour fût maintenue constante et tolérait un accroissement maximum de 15 0/0. La forme modifiée tend à l'exécution de la même idée, mais comprend un autre élément, la force du courant, savoir le produit de la résistance par

Digitized by Google

le courant, c'est-à-dire la différence de potentiel aux extrémités de la ligne, et cette différence ne doit pas dépasser 7 volts. Si le but de la règle était, comme il est permis de le croire, d'assurer une basse densité de courant dans le rail et d'empêcher ainsi l'écoulement dont il s'agit, de manière à mettre à l'abri de tout danger les compagnies de gaz et d'eau, le but selon l'opinion de M. Wilkinson ne paraît pas avoir été atteint, car avec une différence de potentiel donnée, quelque faible qu'elle soit, il est possible d'avoir une très haute densité aux assemblages, avec une densité très basse dans les rails. En d'autres termes, si l'on observe complètement la règle, il se peut que les assemblages transportent un courant d'une densité bien trop haute et le déversent dans la terre. En se reportant pour un moment à l'exemple examiné plus haut, on verra qu'un rail plus lourd peut être posé avec des assemblages de moindre surface carrée, sans altérer la différence de potentiel aux bouts du retour non isolé. Un rail de 41 kil. 79 aurait 0 0268 ohm par 16 kilomètres, c'est-à-dire 0,0076 de moins que le rail de 31 kilos, et cette différence pourrait être compensée au moyen de petits assemblages de moindre capacité de transport. En employant des assemblages simples du n° 00 (0 104 pouce carré, ou 0671 cmq. de section) au lieu d'assemblages doubles du n° 000 (0 131 pouce carré, ou 0 845 cmq); on s'approche beaucoup de ce résultat : on a, par 16 hectomètres de rail, 0 0268 ohm, et par 16 hectomètres d'assemblages 0 0142 ohm, au total 0 0410 ohm, ou 0 01 ohm, pour la double voie comme plus haut. La différence de potentiel aux bouts du retour non isolé, pour les mêmes courants, n'est donc pas changée, mais les densités sont très différentes. Celle qui se trouve dans le rail est réduite à 66 ampères par pouce carré (6 451 cent.), tandis que celle relative aux assemblages est augmentée jusqu'à 5 ampères, 760 par pouce carré, à peu près trois fois plus que la limite à laquelle il a été fait allusion. Une partie de cette densité est atténuée, naturellement, par la conductibilité des plaques, mais celle-ci est d'une nature si variable qu'on ne peut pas compter sur elle. Il va de soi que la densité peut et doit être atténuée par les alimentateurs de retour, et ceux-ci seraient nécessaires sur la plupart des lignes de quelque étendue pour maintenir la perte de volt dans la limite requise ; néanmoins l'auteur a constaté que même avec des alimentateurs de retour et une basse densité dans les rails, il pouvait encore y avoir une densité trop élevée dans les assemblages lorsque ceux-ci n'avaient pas une section suffisante. En outre, il lui a paru qu'une limite de volts par 1 kilomètre serait aussi efficace et plus pratique qu'une certaine limite pour des lignes de toutes les longueurs et de tous les trafics.

D'après la conviction de l'auteur, les assemblages devraient avoir une surface de section proportionnée à la charge, ce qui diminuerait le prix des alimentateurs de retour ; et, secondement, à des points qui seraient choisis sur les rails relativement à la charge, il faudrait mettre des alimentateurs de retour d'une section suffisante pour atténuer la densité du courant dans le rail. Ces alimentateurs de retour ne seraient pas des fils supplémentaires ou des pièces de rattachement à des conduites d'eau, mais des conducteurs métalliques, soit au-dessus du sol, soit au-dessous, non nécessairement isolés, mais reliés directement aux rails à la station de force motrice. Des fils supplémentaires ne seraient utiles que s'ils augmentaient de section au fur et à mesure que le courant augmente, de manière à maintenir une densité approximativement constante, et l'auteur n'a jamais vu de dispositions réalisant un pareil desideratum. Quant à relier aux tuyaux d'eau, tout ce qu'on peut en dire de mieux, c'est que c'est un pis-aller et que cela accuse l'absence d'un bon plan. M. Wilkinson pense qu'en établissant le circuit de retour des tramways électriques, comme il l'a indiqué, on se mettrait à l'abri des perturbations exercées sur les conduites de gaz et d'eau.

Digitized by Google

RETOUR ISOLÉ DE LA TERRE

Il s'agit du système aérien à double trolley et du système souterrain.

Il y a à Cincinnati (Ohio) un système à double trolley.

La présence de fils à simple trolley parmi les voies à double trolley et la nécessité d'employer des fils doubles dans les rues étroites de la ville entraînaient beaucoup de complications. Dans les faubourgs, la construction à double trolley se présentait sous un jour plus favorable, car les voies employées permettaient, grâce à leur largeur, l'établissement de poteaux. L'auteur a remarqué qu'au moment où les voitures des tramways à double trolley passaient par les courbes, le conducteur était obligé de regarder attentivement les trolleys et de les guider avec la corde pour qu'ils ne sortissent pas des fils.

L'isolement des lignes à double trolley était bon, en ce qui concerne la construction aérienne ; mais il était fréquemment interrompu aux moteurs, en faisant communiquer avec la terre l'une ou l'autre des lignes à trolley. Pour voir quelle était la nature de l'isolement, M. Wilkinson et ses amis montèrent dans une voiture à trolley simple, l'arrêtèrent et poussèrent le bras du trolley hors du fil simple jusqu'à l'un des fils à double trolley ; les lampes s'allumèrent dans la voiture, accusant sur un des grands conducteurs une communication avec la terre et un courant d'environ 200 volts. La perte cependant n'était pas suffisante pour mettre la voiture en mouvement, mais il était roconnu que, par les temps humides, cela avait lieu fréquemment. D'autre part, è la station de Hunt Street, il y avait en permanence un indicateur de terre, consistant en deux rangées de cinq lampes en série. Chaque rangée était reliée entre un des fils de trolley et la terre, et l'auteur a observé pendant sa visite à cette station que l'une de ces rangées brillait de presque la totalité de son pouvoir éclairant. La lumière vacillait légèrement, ce qui semblait indiquer que la communication avec la terre avait lieu sur une voiture en marche. L'auteur a appris que ces communications se produisaient fréquemment, mais qu'elles disparaissaient aussi vite qu'elles survenaient et qu'elles n'affectaient pas la marche des tramway. Pour découvrir les communications à la terre, on attendait que toutes les voitures fussent rentrées pour la nuit, et on séparait les sections les unes après les autres, tout en maintenant la force motrice entière. Le courant de fuite, sur deux longueurs de 192 et de 144 hectomètres de double voie, disposées en arc multiple, toutes les voitures dehors, était de 12 ampères, sous la pression entière de 500 volts.

Le coût des travaux dans la rue pour la construction avec double trolley est d'environ 17 500 francs par 16 hectomètres. Voici les détails :

100 poteaux de fer.....	6 500 fr.	»
100 supports.....	425	»
100 chariots pour souder.....	125	»
70 isolateurs de tension.....	111	60
914 mètres de fil de portée...	300	»
3 200 mètres de fil à trolley, en cuivre, n° 1.....	2 111	60
1 600 mètres de fil à courant, n° 0000.....	5 279	80
23 bras transversaux triples, ou de trois pieds.....	18	»
50 isolateurs de verre.....	14	40
200 sacs de ciment.....	250	»
15 charges de pierre cassée.	112	»
5 charges de sable.....	18	»
Main d'œuvre et surveillance...	1 125	»
Total.....	17 490 fr.	40

Ce prix de revient est supérieur d'un tiers environ à celui de la construction à trolley simple ; mais par contre on peut se passer d'assemblages.

Ce système ne convient pas dans les villes et dans les endroits très fréquentés et restreints; néanmoins, partout où on est obligé d'employer des fils de portée, le système pouvait offrir quelques avantages pour le transport de voyageurs nombreux, ou pour le transport des marchandises dans les quartiers suburbains. Il offre des immunités à l'égard des courants à

Digitized by Google

la terre par fuite, car ces courants ne se produisent que quand il y a plus d'une communication à la terre sur la ligne. Il n'y a donc pas de crainte à avoir quant à l'action électrolytique sur les tuyaux, même avec les courants les plus forts, il n'y a pas de danger d'influence sur les téléphones et il n'est pas nécessaire d'établir des assemblages avec les rails. Avec de brillants poteaux de fer et des crochets

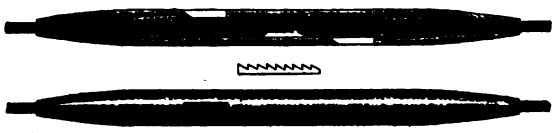


Fig. 11.

transversaux ornementaux, la ligne n'est pas du tout disgracieuse au milieu de la rue.

Sur quelques lignes, l'aspect de l'ensemble est rehaussé par des groupes de lampes à incandescence avec réflecteurs de trois en trois poteaux, et tous les câbles à courant sont maintenus sous terre. La seule objection au système est la quantité de travaux aériens aux courbes, aux voies d'évitement et aux croise-

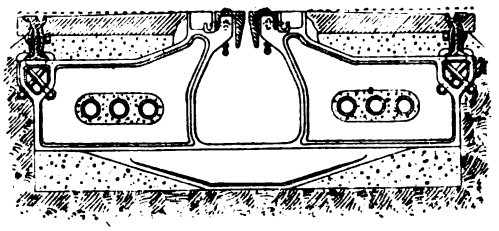


Fig. 12.

ments ; mais ce système présente certainement ses avantages à Cincinnati, par la douceur et la rapidité des transports et elle est un succès commercial.

La figure 11 représente le tube à épisser de Kisinger, au moyen duquel on répare rapidement les cassures des fils à trolley. L'auteur a vu se produire deux cassures dans une rue et chaque réparation n'a pris que cinq minutes. On ramasse les bouts cassés et on les met dans le tube, puis on introduit les serre-points par la rainure.

Quand on fait cesser la tension, les bouts sont attachés et l'on a un excellent joint électrique fait sans soudure. Pour travailler aux fils, on se sert d'un wagon spécial avec échelle pliante. On a fait des joints en trois minutes et demie, y compris le temps de ramasser les bouts.

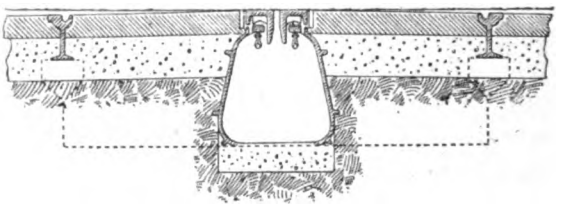


Fig. 13. — Conduite.

LIGNES A CONDUITE SOUTERRAINE, A RETOUR ISOLÉ

En mars 1892, la Compagnie de tramways du côté nord de Chicago avait organisé 16 hectomètres environ de sa ligne électriquement avec une conduite souterraine, d'après le système de Love. Cette installation était en parfait fonctionnement l'année dernière.

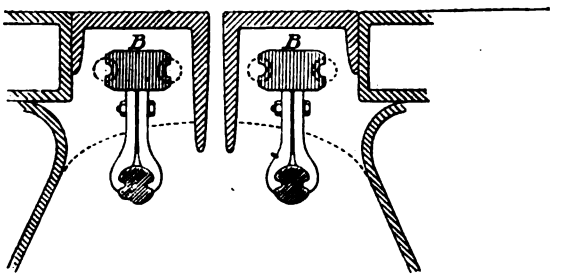


Fig. 14.

Les figures 12 et 13 sont des coupes de la traverse et de la conduite.

La profondeur encavée au-dessous de la plate-forme de la voie n'est que de 6 décimètres, ce qui évite les ennuis et les dépenses qu'occasionne la construction de la voie quand il faut déplacer des tuyaux, ce qui est si souvent nécessaire quand on pose une voie à câble.

Les rails à rainure ont 9 m. 6 de long et ils sont boulonnés aux traverses de 12 en 12 décimètres. Des poches ou petits trous à main

Digitized by Google

sont pratiquées dans la plate-forme au-dessus de chaque boulon, de sorte qu'au besoin on peut enlever rapidement les rails de façon à découvrir les conducteurs et les isolateurs. Les rails à rainures sont espacés pour une rainure de 15 millimètres et pourvus de rebords intérieurs de 127 millimètres, de manière à

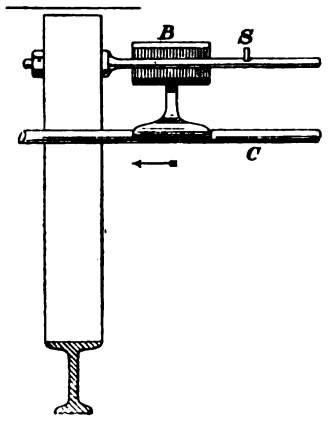


Fig. 15.

empêcher que l'eau de la conduite ne soit en contact avec les fils. Les rails de la plate-forme sont assujettis aux traverses par des boulons à griffe, comme on le voit, et toute la construction repose sur un lit de béton de 15 centimètres et est enveloppée de béton formant lit pour les blocs de pierre de la plate-

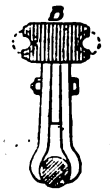


Fig. 16.

forme. Dans la masse des traverses, des espaces sont ménagées pour contenir des tuyaux à conducteurs pour courant, les conducteurs étant en sections de 152 mètres. Les conducteurs sont en tige de cuivre nu ; ils ont près de 25 millimètres de diamètre ; ils ont une rainure longitudinale et sont suspendus à des oreilles en métal à canon, ayant du jeu (fig. 14)

La tige de chaque oreille est fixée à un bloc de mica comprimé ou d'autre matière isolante, B, suspendu à deux boulons à épaule enfoncés dans la traverse. Pour permettre la dilatation des conducteurs, les blocs sont libres de se mouvoir d'environ 6 centimètres sur les tiges.

On a constaté qu'avec les roues de trolley, roulant dans la direction de la flèche, les blocs bougeaient un peu en sens inverse à chaque passage et il a été nécessaire de mettre des arrêts en S (fig. 15.

Les isolateurs sont fixés aux traverses prises de deux en deux à des distances de 9 pieds en ligne droite. Sur les courbes cependant, ils sont plus rapprochés les uns des autres ; alors on emploie des supports plus forts, les conducteurs sont à section circulaire et fixés dans des oreilles qui ont des renflements circulaires, comme le montre la figure 16 ; ces renflement sont arrondis à la lime par en dessous, de manière à ne pas offrir de résistance à la roue du trolley.

(A suivre.)

Préparation de la matière active pour accumulateurs Barbier (1893)

Le plomb fondu tombe de la trémie G sur une roue à palettes B animée d'un mouvement de rotation d'autant plus rapide que l'on veut

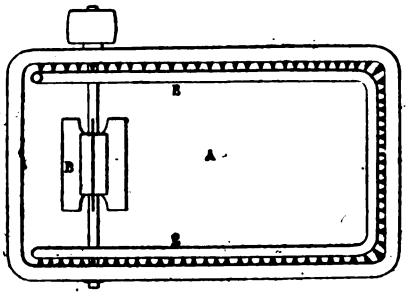


Fig. 1.

une pulvérisation plus fine. Les gouttelettes de plomb sont projetées, les unes, directement dans l'eau et les autres sur les parois du réci-

Digitized by Google

pient A, dont elles sont détachées par l'eau qui coule sur elles du tuyau E.

Les plaques négatives se préparent en projetant ces gouttelettes de plomb sur une plaque métallique en mouvement devant la roue B.

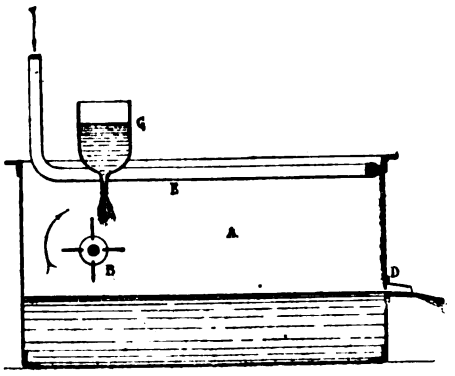


Fig. 2.

Ces gouttelettes s'agglomèrent sur la plaque en couche plus ou moins épaisse suivant sa vitesse, en constituant ainsi un substratum poreux, qui peut servir de support aux plaques négatives.

G. R.

Accumulateurs Hess (1894)

Les électrodes BB_1 sont constitués chacun par un noyau central b, en litharge, enfermé

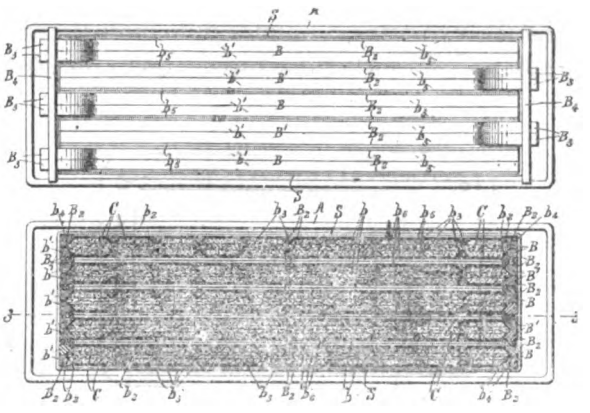


Fig. 1 et 2.

dans un cadre de plomb b_1, à chambre b_2 pour recevoir b, séparés par les tasseaux B_2, avec projections B_4, reliés aux barres polaires B_4, et rassemblées par les bandes s. Comme on le voit en fig. 4 et 5, b_4 s'engage en b_2 par ses bords biseautés b_4, et les sections b_3 de b sont ainsi que B_2 garantis de l'oxygène par une couche de caoutchouc durci b_5. b_1 est percé

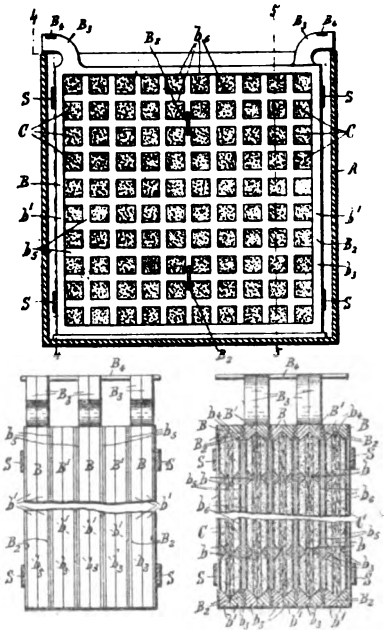


Fig. 3, 4 et 5.

d'alvéoles b^6, évasées et remplies d'un agglomérat de sable et de caoutchouc élastique, supportant la matière active, et assez poreux pour ne pas gêner la circulation de l'électrolyte.

G. R.

Electrolyseur Caldwell (1893).

L'auge A est divisée par des cloisons B en une série de compartiments pour le sel à électrolyser C, et, en D, pour les électrodes : anodes E, cathodes E_1. Chacune des cloisons B est composée de lames de verre b, de 3 mm. d'épaisseur, 257 mm de large, et 600 mm. de long, séparées par des tasseaux de porcelaine b_1, de 3 mm. d'épaisseur, superposées et maintenues dans les rainures F, de 13 mm. de large. Les compartiments C sont remplis de cristaux du sel en électrolyse : de chlorure de calcium, par exemple, de manière à constituer un

Digitized by Google

diaphragme de 75 mm. d'épaisseur sur 610 mm. de haut, que l'on renouvelle par le haut, à mesure que le sel se dissout. Le haut du tas de cristaux est maintenu par des glaces H. Le chlore s'échappe par C. La dissolution de chlorure de sodium, alimentée en A, par H, arrive par I, I_2, I_3 au bas des compartiments anodes

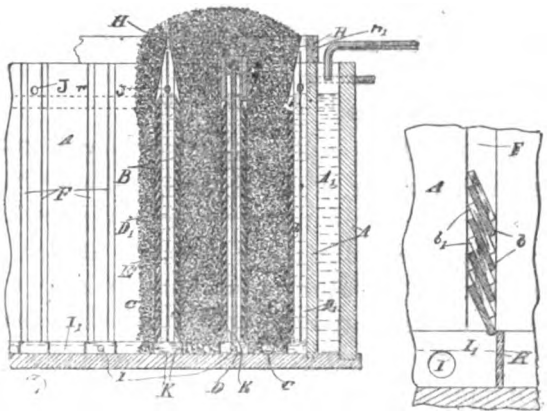


Fig. 1 et 2.

et cathodes, qui s'avacuent par les orifices J, et les conduites J_1 J_2 par lesquelles s'échappent aussi les gaz de ces compartiments.

Les diaphragmes, ainsi constitués par les cristaux même de l'électrolyse, opposent une très faible résistance au passage du courant.

G. R.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES
ET DES
PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Par MM. J. BLONDIN et C. RAVEAU

Sur la dispersion de la lumière par des particules métalliques, par Richard Threlfall (1).

Dans ses « Recent Researches in Electricity and Magnetism », M. J.-J. Thomson étudie la dispersion d'une suite d'ondes électromagnétiques par des fils ou des sphères métalliques (§ 361 à § 379) et rapproche les résultats qu'il obtient de ceux trouvés antérieurement par lord Rayleigh (*Phil. Mag.* [5], t. XII, p. 98; 1881) pour des fils ou des sphères diélectriques. Si l'on admet que les ondes lumineuses sont de nature électromagnétique, on est conduit à cette conclusion (Recent Researches, p. 449) :

« Si des ondes de lumière non polarisée tombent sur une petite sphère non conductrice, la lumière dispersée doit être complètement polarisée en tout point d'un plan passant par le centre de la sphère et perpendiculaire à la direction de la lumière incidente. Quant la lumière est dispersée par une sphère conductrice, les points où elle doit être complètement polarisée forment la surface d'un cône ayant pour axe la direction de la lumière incidente et dont le demi angle au sommet est 120°. »

M. Threlfall s'est proposé de vérifier expérimentalement cette conséquence théorique, en étudiant la polarisation de la lumière dispersée par un « ciel » de fines particules d'or, de cuivre, de fer, d'argent, de platine et de gomme tenues en suspension dans un liquide. Disons immédiatement que les effets obtenus avec les particules métalliques diffèrent très peu de ceux observés avec les particules diélectriques de gomme; la position de l'azimuth correspondant au maximum de polarisation trouvée pour l'or diffère à peine de 1 ou 2 degrès de celle que l'on obtient avec les particules de gomme; dans tous les cas cet azimuth est sensiblement perpendiculaire à la direction de la lumière incidente. Ainsi donc les particules métalliques se comportent comme des corps isolants pour les ondes électromagnétiques qui constituent les radiations lumineuses. Il est bon de faire observer que ce résultat, bizarre de prime abord, concorde parfaitement avec celui que fournissent les expériences sur la transparence des lames minces métalliques pour la lumière, transparence qui est, comme on le sait, beaucoup plus grande que celle que l'on obtient par l'application des formules électromagnétiques lorsqu'on suppose que la conductibilité des métaux pour les perturbations électriques aussi rapides que celles qui constituent la lumière, est la même que pour

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVIII, p. 446-455; novembre 1894.

Digitized by Google

les perturbations électriques lentes qui servent à la mesure expérimentale de cette conductibilité.

Donnons maintenant quelques détails sur les expériences qui ont amené l'auteur à la conclusion que nous venons d'indiquer.

Les plus nombreuses et les meilleures ont été faites avec des particules d'or en suspension. Déjà en 1888 on avait fait quelques recherches avec des particules d'or obtenues en réduisant une petite quantité d'une solution de chlorure d'or dans l'éther par de l'essence de thérébentine préalablement agitée avec un morceau de phosphore. L'or se trouvait ainsi en suspension au milieu d'un diélectrique parfaitement isolant. Mais comme tout corps transparent peut être considéré comme un diélectrique parfait par rapport aux perturbations électriques qui constituent la lumière, l'eau pouvait parfaitement remplacer l'essence de thérébentine. Aussi, dans ses récentes expériences, l'auteur prend une solution aqueuse très étendue de chlorure double d'or et de sodium (1 centigr. environ du sel cristallisé par litre d'eau) réduite par l'addition d'une petite quantité d'une dissolution de phosphore dans un liquide organique. Après la réduction la liqueur prend une coloration variant du rose clair, pour de très grandes dilutions, au pourpre foncé, pour des concentrations plus grandes. Cette coloration doit nécessairement être attribuée à un effet des particules en suspension sur la lumière incidente car elle disparait quand après avoir agité la solution avec de la terre finement pulvérisée, on laisse le dépôt se rassembler au fond du vase. D'un autre côté ces particules doivent être des particules d'or, car si on opère de la même manière avec des solutions plus concentrées il se forme à la surface du liquide une lame possédant l'éclat de l'or.

Trois échantillons, préparés par le professeur Liversidge, ont été étudiés au point de vue optique. Pour chacun on mesurait l'absorption qu'il produit sur les différentes couleurs du spectre, puis au moyen d'un spectroscope muni d'un prisme de Nicol, on déterminait la position de l'azimuth correspondant au maximum de polarisation.

Le premier échantillon contenait une quantité d'or si grande que la majeure partie s'était rassemblée au fond du vase. Il présentait sous une faible épaisseur une absorption considérable dans le vert et dans le bleu-verdâtre et quand son épaisseur était suffisante tout le spectre était absorbé sauf la portion rouge-orangé. Les observations sur la polarisation ne furent pas satisfaisantes.

Le second échantillon, préparé depuis 1889 au moyen d'une solution de phosphore dans le chloroforme, était d'une magnifique couleur rose, comme celle d'une solution diluée de fluoresceïne. L'obsorption, étudiée sous une épaisseur de 69,3 cm., était particulièrement intense dans la région bleu de ciel et s'étendait dans le vert et le bleu-verdâtre. L'azimuth correspondant au maximum de polarisation formait un angle de près de 90° avec la direction de la lumière incidente, mais l'auteur ne peut affirmer que l'angle fût exactement de 90°.

Le troisième échantillon, préparé également en 1889, mais avec une dissolution de phosphore dans le sulfure de carbone, était d'une belle couleur pourpre ; il donna les mêmes résultats que le précédent, si ce n'est que l'absorption était plus grande et s'étendait sur une longueur plus considérable du spectre.

Craignant que le dissolvant du phosphore n'ait une influence sur les effets observés, M. Threlfall a pris en dernier lieu une solution obtenue en ajoutant un peu de chlorure d'or à de l'eau agitée préalablement avec un morceau de phosphore; les résultats furent les mêmes que précédemment. Quelques expériences ont été également faites avec un faisceau incident polarisé; aucune particularité ne fut observée.

Nous ne faisons que signaler les expériences faites sur le cuivre, l'argent et le fer, obtenus en particules très fines en réduisant un sel de ces métaux par de l'eau phosphorée, les résultats obtenus étant moins nets qu'avec l'or. Disons seulement que, d'après l'auteur, ils confirment les observations faites avec ce der-

Digitized by Google

nier métal et faisons observer que l'étude du fer présente un intérêt spécial à cause de la grande perméabilité magnétique de ce métal.

Dans une note supplémentaire l'auteur expose des recherches plus récentes faites avec des particules de platine. Ce métal étant un des plus opaques, et peut-être le plus opaque des métaux, il y avait lieu d'espérer que ses particules se comporteraient comme des conducteurs par rapport aux perturbations électriques constituant la lumière. Pour obtenir des particules du platine en suspension dans leau, M. Threlfall prenait une bouteille remplie aux trois quarts d'eau distillée et fermée par un bouchon percé de trois trous laissant passer un tube relié à une machine pneumatique et deux autres tubes renfermant chacun un électrode en platine ; l'une de ces électrodes plongeait dans l'eau, l'autre se terminait à une petite distance au-dessus de l'eau. Après avoir fait bouillir l'eau, en diminuant la pression, jusqu'à ce que tout l'air fut expulsé, on reliait les électrodes aux pôles d'une puissante bobine d'induction et on étudiait, à l'aide d'un nicol, la lumière d'une lampe à arc traversant l'eau. Les électrodes étaient portées au rouge et au bout de quelques heures la quantité de platine en suspension dans l'eau était suffisante pour rendre l'eau fortement brillante. Pendant toute la durée de l'expérience la direction du maximum de polarisation était perpendiculaire à la direction de propagation de la lumière.

Cette note contient encore la description de quelques expériences faites avec la même disposition expérimentale, les électrodes de platine étant remplacées par des électrodes en fer pur, l'eau par de la glycérine bien desséchée ou mieux par une huile de pétrole vendue sous le nom de « albocarbene oil », et l'air surmontant le liquide étant remplacé par de l'hydrogène bien privé d'oxygène. Après avoir fait passer les décharges entre les électrodes pendant quatre heures, le liquide agissait sur la lumière comme dans les cas précédents. Malgré ses efforts l'auteur n'a pu reconnaître si dans ce liquide, le fer était à l'état d'oxyde ou à l'état métallique ; toutefois il pense que le fer était sous ce dernier état.

J. B.

Note sur le précédent Mémoire, par J.-J. Thomson (1).

« Je fis, il y a deux ans environ, quelques expériences grossières sur la polarisation de la lumière dispersée par de petites particules d'or ; leurs résultats concordent avec ceux qu'a obtenus le professeur Threlfall. Je les regardai comme une confirmation des résultats de Maxwell et Wien, à savoir : que la résistance des métaux pour les courants alternatifs très rapides qui constituent la lumière est beaucoup plus grande que pour les courants permanents.

« Il est d'ailleurs difficile de regarder ces expériences comme une preuve légitime de la théorie, car c'est seulement lorsque les dimensions des particules sont comprises entre des limites très rapprochées que la théorie leur est applicable, même dans l'hypothèse d'une résistance aussi faible que pour les courants permanents. Pour disperser la lumière les diamètres des particules doivent être petits par rapport à la longueur d'onde de la lumière, tandis que la théorie donnée dans mes « Recent Researches in Electricity and Magnetism » exige que la profondeur à laquelle les courants produits par la lumière pénètrent dans la particule soit une fraction très petite du rayon de cette particule. A une profondeur d à partir de la surface de la sphère le courant induit varie comme e^{-kd}, où

$$k = \sqrt{\frac{2\pi\mu p}{\sigma}},$$

μ étant la perméabilité magnétique, σ, la résistance spécifique du métal et $\frac{2\pi}{p}$ la durée d'oscillation de la vibration électrique incidente. Par conséquent, à une profondeur égale à $1/k$ les intensités des courants sont réduites à $1/e$ de leurs valeurs à la surface et nous pouvons

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVIII, p. 455 ; novembre 1894.

Digitized by Google

prendre $1/k$ comme la mesure de l'épaisseur de la couche remplie par les courants. Dans le cas de l'or, $\sigma = 2100$ pour les courants permanents, $p = 1$ et pour la ligne D du spectre, $p = 2\pi \times 5{,}097 \times 10^{14}$; par suite $1/k = 3{,}2 \times 10^{-7}$. La longueur d'onde de la ligne D est $5{,}89 \times 10^{-5}$, soit environ 170 fois $1/k$. Or, pour que la théorie soit applicable, le diamètre des particules doit être petit par rapport à λ et grand par rapport à $1/k$. Comme λ est seulement 170 fois plus grand que $1/k$ les limites entre lesquelles peut varier le diamètre est très petit. Une preuve plus satisfaisante de la théorie pourrait être faite avec des longueurs d'onde de plus grandes et des particules de plus grandes dimensions; car la profondeur à laquelle les courants pénètrent varie comme la racine carrée de la longueur d'onde, de sorte que le rapport de la longueur d'onde à l'épaisseur de la couche de courants croît en même temps que la longueur d'onde. »

J. B.

Sur l'existence d'une anomalie de la conductibilité des dissolutions salines à 4° C, par Silvio Lussana (1).

L'an dernier l'auteur publiait (2) les résultats d'expériences qui le conduisaient à conclure que la « résistance électrique des solutions salines au-dessous de 20°C. ne peut être représentée en fonction de la température par une simple relation du second degré, la courbe représentative présentant un coude correspondant à la température du maximum de densité ». Récemment, M. Déguisne (3) contestait l'exactitude de cette conclusion, ses expériences sur les azotates de potassium, de strontium et de baryum ne lui ayant pas montré d'anomalies dans la conductibilité électrique au voisinage de 4°. Dans la note qui nous occupe, M. Lussana cherche à établir que les résultats expérimentaux de M. Déguisne ont été mal interprétés par ce physicien et qu'ils confirment sa propre conclusion au lieu de la contredire.

Tout d'abord l'auteur fait remarquer avec raison que, pour qu'une formule puisse être considérée comme représentant une série d'expériences, il ne suffit pas que la somme algébrique des différences entre les valeurs calculées par cette formule et les valeurs obtenues par l'expérience soit égale à zéro et que chacune de ces différences soient petites; il faut encore que les points représentant graphiquement les valeurs expérimentales se répartissent uniformément de part et d'autre de la courbe à laquelle correspond la formule. Or, d'après M. Lussana, la formule linéaire

$$k = k_4 \{1 + a(t - 4)\}$$

donnée par M. Déguisne pour représenter la conductibilité k d'une solution à $t°$, ne satisfait pas à cette dernière condition, puisque d'après les tableaux donnés par M. Déguisne lui-même les différences sont toutes négatives pour la région moyenne de la courbe et toutes positives pour les parties voisines des extrémités.

En représentant graphiquement les résultats trouvés par M. Déguisne, M. Lussana a constaté que la droite menée par les points correspondant aux températures les plus basses, laisse au-dessus d'elle tous les points correspondant aux températures plus élevées et que la droite menée par les derniers de ces points laisse également au-dessus d'elle les points relatifs aux températures inférieures. Par conséquent la courbe passant par tous les points doit nécessairement avoir un rayon de courbure minimum pour une température voisine de celle qui correspond au point de rencontre de ces deux droites, température qui est à peu près 3°79 pour le sulfate de strontium, 3°89 pour l'azotate de baryum et 3°78 pour l'azotate de potassium. Par conséquent les valeurs trouvées par M. Déguisne indiquent bien l'existence d'une anomalie dans la variation de la

(1) *Nuovo Cimento* 3e série, t. XXXVI, juillet 1894.
(2) LUSSANA *Atti del R. Inst Ven* (7), t. IV, p. 1466, 1892-93.
(3) DÉGUISNE *Wied. Ann.* t. LII, p. 604 l'*Eclairage Électrique*, p. 428.

Digitized by Google

conductibilité au voisinage de 4°. A la vérité cette anomalie est très peu marquée dans ces expériences, mais M. Lussana attribue ce fait à ce que, les résistances mesurées par M. Déguisne étant relativement faibles, la variation de la courbure de la courbe représentative doit être peu apparente.

Dans le tableau suivant nous reproduisons dans les quatre premières colonnes, les nombres relatifs à l'azotate de baryum donnés par M. Déguisne.

La cinquième colonne donne les valeurs de la résistance calculées par M. Lussana en adoptant la formule linéaire inscrite en tête et dont les cœfficients ont été choisis de manière à ce que la droite qu'elle représente passe bien par les valeurs relatives aux basses températures du tableau. La sixième colonne indique les différences entre les valeurs ainsi calculées et celles qu'ont fournies les expériences de M. Déguisne. Ces différences sont toutes positives et vont en croissant quand la température s'élève; elles montrent donc nettement ce qui a été dit plus haut : que la droite menée par les premiers points laisse tous les autres au-dessus d'elle. M. Lussana n'a pu faire un calcul du même genre pour montrer qu'il en est ainsi pour la droite menée par les derniers points, le nombre des expériences de M. Déguisne étant trop faible pour qu'il put déterminer correctement les coefficients de la formule linéaire représentant cette droite. La même raison l'a empêché de discuter d'une manière analogue les résultats des expériences sur l'azotate de strontium et celui de potassium.

L'auteur ajoute : « *Si les expériences décrites par Déguisne ont été conduites avec soin, les conclusions qui en ont été déduites sont erronées* et, non seulement elles n'infirment pas les résultats auxquels j'étais arrivé, mais elles constituent une éclatante confirmation de ceux-ci. »

J. B.

Ba $(Az O^3)^2$: 0,009 gr. équiv. par litre

$10^{10} k = 602,0\ [1 + 0,02786\ (t-4)]$				$10^{10} k_1 = 558,7\ [1 + 0,0294931\ (t - 1,398)]$	
t	$10^{10} k$ obs	$10^{10} k_1$ calc.	Diff.	$10^{10} k$ calc.	Diff.
1,398	558,7	558,4	+ 0,3	558,7	±
1,672	563,3	563,0	+ 0,3	563,2	± 0,1
1,972	568,2	568,0	+ 0,2	568,2	±
2,266	573,0	572,9	+ 0,1	573,0	±
2,541	577,5	577,6	— 0,1	577,5	±
2,837	582,4	582,5	— 0,1	582,4	±
3,124	587,1	587,3	— 0,2	587,1	±
3,397	591,6	591,9	— 0,3	591,6	±
3,655	596,0	592,2	— 0,2	595,9	+ 0,1
3,914	600,5	600,6	— 0,1	600,2	+ 0,3
4,155	604,3	604,6	— 0,3	604,1	+ 0,2
4,395	608,5	608,7	— 0,2	608,1	+ 0,4
4,723	614,0	614,2	— 0,2	613,5	+ 0,5
5,192	621,8	6 2,0	— 0,2	621,2	+ 0,6
5,797	63?,2	632,2	±	631,2	+ 1,0
,471	644,2	643,5	+ 0,7	642,3	+ 1,9

Changement de la période des ondes électriques dans les fils de fer, par John Trowbridge (1).

Pour mesurer la période des oscillations dans un circuit métallique, l'auteur emploie la méthode qui lui a servi dans des recherches antérieures sur le même sujet et sur l'amortissement des oscillations dans des fils de fer (2), méthode qui consiste à photographier l'étincelle de la décharge oscillante d'un condensateur dans un circuit métallique. Il utilise la disposition expérimentale que nous avons eu l'occasion de rappeler à propos de son récent Mémoire sur la résonance de l'interférence électriques (3).

Deux bobines ayant exactement la même self-induction sont placées symétriquement sur un long électro-aimant. Ces bobines font partie de deux circuits distincts contenant chacun un condensateur formé d'une plaque de gutta recouverte de deux feuilles d'étain. Lorsqu'on lance un courant dans l'électro-aimant, des courants d'induction prennent naissance

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVIII, p. 441-446, novembre 1894.

(2) *Phil. Mag.*, t. XXXII, décembre, 1891, *La Lumière Electrique*, t. XLII, p. 40, 1891.

(3) *Phil. Mag.*, t. XXXVIII, p. 182 ; *l'Eclairage Électrique*, p. 283.

Digitized by Google

dans les bobines et chargent les condensateurs. Ceux-ci se déchargent dans les circuits qui présentent chacun une interruption où jaillit l'étincelle de décharge rendue oscillatoire en prenant des valeurs convenables pour la self-induction et la capacité. L'un des circuits ne subit aucune modification pendant le cours des expériences, il sert à donner sur la plaque photographique des images d'étincelles dont la durée est prise comme terme de comparaison pour l'évaluation de la durée d'oscillation des étincelles de l'autre circuit qui est formé, tantôt d'un fil de cuivre, tantôt d'un fil de fer.

En prenant deux circuits absolument identiques l'auteur s'attendait à obtenir, pour de longueurs égales des interruptions, des étincelles commençant au même instant dans les deux circuits. Il en était autrement et pour les faire commencer en même temps il fallait modifier la self-induction ou la capacité de l'un des circuits. Ce défaut d'isochronisme pourrait être attribué à un défaut d'identité des feuilles de gutta des condensateurs ; l'auteur ne le croit pas.

Cette particularité difficilement explicable pouvait faire craindre que, par suite d'une hystérésis électrique de la gutta, la capacité des circuits ne varie pendant la durée même de la décharge. S'il en était ainsi la durée d'oscillation d'une étincelle n'aurait pas la valeur au début et à la fin de l'étincelle et cette durée ne pourrait servir de terme de comparaison. Or, en mesurant le rapport des durées d'oscillation de deux circuits en fil de cuivre l'auteur a trouvé un nombre constant. Par conséquent, s'il y a hystérésis, elle affecte de la même façon les deux circuits, ce qui conduit l'auteur à penser qu'il n'y a pas hystérésis.

D'ailleurs le tableau suivant montre que la longueur moyenne d'une oscillation sur la plaque photographique conserve une valeur constante, ce qui implique une durée constante d'oscillation si, comme cherchait à le faire, la vitesse de rotation du miroir tournant ne varie pas. La première colonne indique la distance en millimètres entre le commencement et la fin de chaque groupe d'oscillations; la seconde donne le nombre des oscillations ; la troisième, la longueur moyenne d'une oscillation en millimètres.

22,5	6	3,75
26,1	7	3,73
30,0	8	3,74
15,1	4	3,77

La comparaison des durées d'oscillations dans un circuit en cuivre et un circuit en fer présentait quelques difficultés. Il était nécessaire d'employer une assez grande longueur de fil pour obtenir un changement appréciable de la période et d'autre part il ne fallait pas que cette longueur fût trop considérable à cause du puissant amortissement des circuits en fer ; ces deux conditions opposées ne permirent pas d'employer des fils de plus de quatre ou cinq mètres de long.

De plus il fallait que la self-induction du circuit soit grande, pour que les oscillations de l'étincelle soit nettement séparées sur la photographie, et enfin que les circuits de cuivre et de fer à comparer aient la même forme géométrique. Pour réaliser ces conditions, M. Trowbridge prenait un cylindre de bois très poreux de 11,5 cm. de diamètre et de 15 cm. de longueur et bien imprégné de paraffine fondue, sur la surface duquel il traçait une rainure hélicoidale de 1 cm. de pas. Dans cette rainure il enroulait d'abord le fil de cuivre et comparait la durée d'oscillation du circuit obtenu à celle du circuit témoin. Ensuite le fil de cuivre était déroulé et remplacé par le fil de fer; la comparaison de ce nouveau circuit au circuit témoin, qui n'était pas modifié, était alors faite.

Plusieurs centaines de déterminations furent effectuées avec des fils de différentes grosseurs. Les fils de fer de plus de 0,0312 de pouce de diamètre ne donnèrent aucun changement appréciable de la période. Toutefois l'examen d'un grand nombre de photographies montre que le rapport de la durée d'oscillation

Digitized by Google

des circuits en fer à celle du circuit témoin n'est pas absolument constante tandis qu'avec les circuits en cuivre aucune variation, même très petite, de ce rapport n'a jamais été observée.

Les changements de période les plus marqués ont été observés avec les fils de fer de 0,0312 de pouce de diamètre. Le tableau suivant donne les résultats d'une série d'expériences faites avec ces fils; les longueurs d'oscillations sont exprimées en millimètres.

Longueurs d'oscillations du circuit en fer	Longueurs d'oscillations du circuit témoin	Longueurs d'oscillations du circuit en cuivre	Longueurs d'oscillations du circuit témoin
3,7	6,08	3,50	6,14
3,7	6,08	3,40	6,00
3,7	5,90	3,30	6,00
4,0	6,10	2,70	5,26
3,3	5,16	3,40	6,10
2,8	3,60	3,37	6,36
		2,68	3,72

Si l'on fait le rapport des nombres de la première et de la seconde colonne, puis celui des nombres de la troisième et de la quatrième, on constate que le premier est plus grand que le second. Par conséquent la durée d'oscillation d'un circuit en fer est plus longue que celle d'un circuit en cuivre de même forme géométrique.

Ce résultat s'accorde avec celui qu'a trouvé M. S. John par une méthode tout à fait différente, et pour des oscillations beaucoup plus rapides.

J.-B.

Quelques expériences de photographie électrique, par Fernando Sandford (1).

Dans cette note l'auteur décrit quelques expériences qu'il se trouva amené à faire pendant ces trois dernières années.

En 1891 il obtint une image négative sur du papier au bromure d'argent qui avait été pressé entre deux plaques métalliques reliées aux pôles d'une pile de deux éléments à l'acide chromique. Sur ces négatifs se trouvaient nettement indiqués les points de contact de la feuille de papier et de la plaque métallique située du côté sensible de la feuille. Pendant la même année il parvint à obtenir un négatif de caractères écrits sur une plaque sensible avec l'extrémité d'un fil dont l'autre extrémité était reliée à un des pôles d'une bobine d'induction.

La lecture de l'article de M. Crofts sur les « figures de souffle », publié par le *Philosophical Magazine* en 1892, lui suggéra l'idée que ces figures pouvaient être produites sur une plaque photographique. Dans ce but il plaça une pièce de monnaie sur le côté sensible de la plaque et une feuille d'étain de l'autre côté, puis réunit la pièce de monnaie et la feuille d'étain respectivement, aux deux pôles d'une petite bobine de Ruhmkorff capable de donner des étincelles de deux à trois millimètres de longueur et fit fonctionner la bobine pendant un intervalle de temps variant d'une demi-heure à une heure. Plusieurs images négatives furent ainsi obtenues; toutes, sans exception, étaient entourées d'une sorte d'auréole due à la perte d'électricité par les bords de la pièce de monnaie, ce qui rend compte de la formation de l'anneau sombre que l'on observe autour des figures de souffle produites sur une plaque de verre.

Plus récemment l'auteur entreprit de photographier d'une façon analogue des pièces de monnaie isolées de la plaque photographique par un diélectrique tel que la paraffine, la gomme laque, le mica et la gutta-percha. Il réussit complètement et obtint des négatifs beaucoup plus nets que lorsqu'il n'y avait pas de diélectrique interposé entre la pièce de monnaie et le côté sensible de la plaque. La netteté était encore augmentée quand, sur le circuit secondaire de la bobine, se trouvait un interrupteur à boules écartées de un millimètre.

Ces phénomènes doivent être attribués aux ondes resultant de la décharge du condensateur forme par la pièce de monnaie et la feuille d'étain placée en regard de l'autre côté de la

(1) *The Physical Review*, t. II, p. 59; 1894.

Digitized by Google

plaque sensible. Aussi l'auteur pense-t-il qu'ils peuvent servir à l'étude de cette décharge. Quelques-uns des négatifs qu'il a obtenus montrent nettement, dit-il, que les ondes électriques qui s'échappent des plaques d'un condensateur plan se propagent dans une direction perpendiculaire au plan d'émergence. La tendance des charges électriques à s'échapper par les points où le rayon de courbure est minimum, est mise en évidence par l'auréole qui entoure les photographies. Si l'on trace sur la surface de la pièce de monnaie une série de lignes parallèles et très rapprochées on n'obtient plus d'image de la pièce, fait qui s'explique par la dispersion qu'éprouvent dans ces conditions les ondes émergentes.

Ajoutons que les images ne sont nettes que si l'épaisseur du diélectrique est très faible, de l'ordre des dixièmes de millimètre. L'auteur n'a pu obtenir aucun bon négatif avec des épaisseurs de un millimètre. Néanmoins on obtient une tâche sombre de la grandeur de la pièce avec des épaisseurs de plusieurs millimètres et l'auteur pense que certainement on arriverait à de bons résultats, même avec des épaisseurs assez grandes, en employant une bobine plus puissante.

J. B.

Note sur la mesure des capacités inductives spécifiques de l'eau, l'alcool, etc, par Reginald A. Fessenden (1).

« Il semble qu'on ait accepte jusqu'ici comme exactes les hautes valeurs trouvées par divers expérimentateurs pour les capacités inductives spécifiques de l'eau, l'alcool et autres fluides analogues. S'il en était ainsi, la relation de Maxwell entre la capacité inductive spécifique et l'indice de réfraction devrait être considérée comme ne s'appliquant pas aux ondes très courtes de la lumière visible; aussi a-t-on eu recours aux phénomènes de dispersion pour expliquer cette anomalie. Mais peut-être bien que ces hautes valeurs ne sont pas correctes et que les valeurs vraies sont pour chacune de ces substances sensiblement égales à celles que requiert la théorie.

« Ce fait était déjà noté par l'auteur en 1891. Un électromètre très sensible avait été construit de manière à fonctionner comme wattmètre électrostatique; il était formé de deux cylindres fixes et d'un cylindre mobile monté sur des pivots en rubis et était pourvu d'un commutateur. Avec nne pression de 1000 volts sur les cylindres fixes et de 50 volts sur le cylindre mobile, celui-ci faisait 300 tours par minute. Pour les faibles vitesses le frottement rendait les lectures mauvaises, et l'auteur se trouva ainsi conduit à utiliser l'idée émise par MM. Swinburne et Kelly pour les voltmètres électrostatiques, c'est-à-dire d'immerger l'instrument dans l'huile, ce qui donne de bons résultats. Il pensa que, puisque l'eau pure isole aussi bien que la gutta, et possède, d'après les expérimentateurs dont il a été question, une capacité inductive spécifique égale à 35 ou 70 fois celle de l'huile, il serait préférable d'employer l'eau. De l'eau, distillée dans le vide pour enlever toute trace de gaz dissous, fut essayée mais ne donna pas de meilleurs résultats que l'huile. Le commutateur fut alors enlevé et le cylindre mobile attaché à une suspension bifilaire et l'auteur arriva à ce résultat, que dans le cas de l'huile et des alcools la capacité induciive spécifique est sensiblement égale au carré de l'indice de réfraction, ce qui montrait que les hautes valeurs données jusqu'ici étaient erronées.

« La raison de ces erreurs ne fut pas longue à trouver. Elle repose sur ce fait, remarqué par Maxwell et d'autres savants, que l'électrolyse donne lieu à un effet de capacité. De nombreuses expériences faites par des étudiants dans mon laboratoire montrent que, pour 133 périodes par seconde et une densité de courant de 0,01 ampère par centimètre carré, chaque centimètre carré de la surface de l'électrode a une capacité apparente de 400 microfarads quand l'électrolyte est de la soude caustique et que les électrodes sont des

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVIII, p. 567-568; décembre 1894.

Digitized by Google

plaques de nickel. C'est pour cette raison que la méthode Kohlrausch donne toujours des résultats erronés car ce qui est mesuré n'est pas la résistance de l'électrolyte mais son impédance.

« Puisque MM. Cohn et Arons, par exemple, emploient une bobine d'induction pour charger les plateaux d'un électromètre immergé dans l'eau, il s'en suit que le voltage sur les quadrants immergés dans l'eau pouvait facilement être 100 fois plus grand que sur l'autre quadrant, et que, par suite, la méthode est inapplicable. Toutes les mesures de capacités faites au moyen de la décharge sont aussi incorrectes et la seule méthode correcte consiste à purifier le fluide jusqu'à ce qu'il ne conduise plus d'une façon appréciable et de mesurer alors la force attractive entre les plaques quand celles-ci sont chargées par le courant continu d'une source de haut voltage. Pour cette mesure une balance de torsion ou une balance ordinaire peut être employée. Il y aura toujours une certaine perte par conductibilité, mais cet inconvénient peut être atténué par l'emploi d'une source puissante de courant.

« Il doit être également mentionné que toutes les déterminations de capacités inductives spécifiques de substances telles que les sulfures, etc., sont incorrectes. Pour les raisons de ces erreurs, on peut consulter les auteurs qui se sont occupés de la capacité des diélectriques laminés ».

J. B.

Effet d'un abaissement considérable de température sur le magnétisme, par Louis W. Austin (1).

Il y a quelques années, le professeur Trowbridge (2), annonçait que les barreaux d'acier aimantés aux températures ordinaires perdent la plus grande partie de leur magnétisme quand on les soumet à la basse température produite par le mélange de neige carbonique et d'éther. Une récente expérience faite au Laboratoire de l'Université de Wisconsin laisse place au doute.

Une aiguille à tricoter de 22 cm. de longueur et de 0,16 cm. de diamètre était aimantée à saturation puis, après l'avoir débarrassée de son excès de magnétisme par quelques chocs, elle était placée dans une petite auge en bois, de longueur un peu moindre, de manière que, en formant ressort contre les deux extrémités de l'auge, l'aiguille se trouvait maintenue au milieu de celle-ci par ses deux extrémités. Cette auge était placée perpendiculairement au méridien magnétique en avant d'un magnétomètre dont les déviations étaient lues au moyen d'un miroir et d'une échelle divisée par la méthode ordinaire. L'auge était alors remplie de neige carbonique et on y ajoutait de l'éther.

Trois séries d'observations furent faites.

La première fois que l'aiguille était soumise à l'action du mélange réfrigérant il sembla y avoir une légère diminution (environ 1 pour 100) de l'intensité de l'aimant. Toutefois les résultats de cette première série sont incertains, le fil de soie suspendant le magnétomètre étant en mauvais état. Deux autres séries furent faites après avoir remplacé ce fil par une fibre de quartz. Les résultats de ces deux séries concordaient parfaitement entre eux; le tableau suivant donne les résultats de la dernière.

Temps	Déviattons	
3 heures 12 min.	39.9 cm.	aimant en place
13	40.0	CO^2 mis dans l'auge.
15	40.1	éther ajouté.
17	40.4	
20	40.4	
25	40.5	
30	40.6	
35	40.7	
40	40.9	
4 heures 00	41.3	mélange réfrigérant remué.
15	41.3	

(1) *The Physical Review*, t. I. p. 381

(2) TROWBRIDGE. *American Journal of Science*, t. XXI, p. 316 (1881).

Digitized by Google

A la fin de ces observations on constata que le zéro du magnétomètre s'était déplacé de o à 0,6 cm. Cette variation était probablement due, d'après l'auteur au changement des conditions magnétiques du bâtiment par suite du refroidissement des tuyaux de vapeur en fer qui s'y trouvaient.

Ces résultats sembleraient indiquer que le moment magnétique d'un aimant permanent, aimanté à la température ordinaire, augmente légèrement quand la température est abaissée jusqu'à celle que donne le mélange de neige carbonique de l'éther.

Ils sont donc en complet désaccord avec ceux du professeur Trowbridge qui trouvait qu'une barre magnétisée à 20° C perd 66 pour cent de son intensité magnétique après 43 minutes d'immersion dans le même mélange réfrigérant.

J. B.

BIBLIOGRAPHIE

Beitrage zu einzelnen Theilen der mathematischen Physik, insbesondere zur Electrodynamik und Hydrodynamik, Elektrostatik und magnetischen Induction (Contribution à l'étude de quelques parties distinctes de la physique mathématique, en particulier à l'étude de l'Électrodynamique et de l'Hydrodynamique, de l'Électrostatique et de l'Induction magnétique), par Carl NEUMANN, professeur de mathématiques à l'Université de Leipzig ; un vol. in-8° de IX-314 pages. Teubner, éditeur, Leipzig.

Après avoir rappelé dans un chapitre préliminaire quelques-unes des formules qui lui servent dans le reste de l'ouvrage, l'auteur aborde l'Électro dynamique. S'appuyant sur les lois d'Ampère et de Biot et Savart, il arrive à l'expression du potentiel d'un élément de courant sur un pôle magnétique, à celle du potentiel d'un élément de courant sur un solénoïde indéfini dans un sens et enfin à l'expression du potentiel d'un élément de courant sur un solénoïde limité. Il passe ensuite à l'étude des propriétés des nappes de courants planes, étude à laquelle il consacre deux chapitres, le troisième et le quatrième de l'ouvrage. Le cinquième, sur les courants électriques à l'intérieur et sur la surface d'un corps, termine ce qui est relatif à l'Electrodynamique.

L'étude de l'Hydrodynamique forme la matière des deux chapitres suivants, où nous trouvons quelques considérations intéressantes sur les propriétés de la fonction des vitesses et sur l'application du principe d'Hamilton à la recherche des équations du mouvement des fluides.

Le huitième chapitre, consacré aux analogies entre l'Hydrodynamique et l'Electrodynamique, est particulièrement intéressant. L'auteur y montre que ces analogies sont plus apparentes que réelles et qu'elles doivent être principalement attribuées à quelques hypothèses de nature analytique que l'on fait sur les fonctions qui s'introduisent en Electrodynamique aussi bien que sur celles qui s'introduisent en Hydrodynamique. Toutefois M. Carl Neumann reconnaît que ces analogies sont dignes d'attention et qu'elles peuvent peut-être nous conduire à la découverte de quelques principes simples applicables à la fois à l'Electrodynamique et à l'Hydrodynamique.

Dans les deux derniers chapitres, l'auteur s'occupe de quelques points de l'Electrostatique et de la théorie du magnétisme induit.

Un appendice est consacré à la notion de connexité des aires planes ou convexes, notion introduite par Neumann en mathématiques et qui est d'un utile secours en Hydrodynamique.

En somme, l'ouvrage de M. Neumann se recommande a tous ceux qui, possédant déja des connaissances assez étendues, veulent approfondir la théorie mathématique de l'Electricité.

J. BLONDIN.

Digitized by Google

CHRONIQUE

The Electrician nous apprend que l'électricité recevra de nombreuses applications au nouveau port de Copenhague, pour l'éclairage des rues, des quais et des bâtiments, ainsi que pour l'actionnement des élévations, grues, ventilateurs, pompes, etc.

Dans le dépôt des marchandises l'installation comprendra dix moteurs de 15 à 18 chevaux chacun ; trois de ces moteurs, sont dans le sous-sol, les sept autres à l'étage supérieur, à une hauteur de plus de 30 mètres au-dessus du sol.

La station centrale a été construite d'après les plans de M. Dahleruger. La Société générale d'électricité de Berlin est chargée de l'installation entière, et elle a entrepris de diriger et de faire fonctionner l'usine pour une certaine somme par kilowatt-heure sortant de la station centrale. Au bout de 30 ans l'installation deviendra la propriété de la Compagnie du port.

Les chaudières et machines sont de 50 chevaux. Pour l'éclairage, on a installé une grande batterie d'accumulateurs, pouvant alimenter simultanément 600 lampes à incandescence. Les trois chaudières sont du type tubulaire avec 105 mètres carrés de surface de chauffe, et les quatre machines compound verticales de 125 chevaux chacune sont du type spécial que construit la Société générale d'électricité pour l'actionnement des dynamos.

Trois des machines font tourner chacune une dynamo à six pôles, la quatrième actionne deux dynamos à quatre pôles.

Les conducteurs sont pour la plupart souterrains. Pour les points les plus éloignés on a fixé les câbles sur poteaux en bois et fer. La longueur totale de la canalisation de distribution est d'environ 30 kilomètres.

L'éclairage comprend 1200 lampes à incandescence et 100 lampes à arc. La force motrice sera transmise électriquement à 7 grues, 11 élévateurs, 1 ascenseur, 8 treuils, 10 élévateurs de grains, et à diverses pompes et ventilateurs.

Depuis le 12 décembre le téléphone fonctionne entre Paris et Toulouse.

Le professeur Goldstein vient de décrire à l'Académie de Berlin de curieux effets qu'exercent les rayons cathodiques sur la couleur de certains sels.

Quand on rend phosphorescent du chlorure de potassium dans un tube radiateur, ce corps affecte une teinte héliotrope et devient quelquefois d'un brillant violet. Quand on chauffe, la couleur devient bleue, et aux températures élevées le sel redevient blanc. Toute cette série de transformations peut être observée avec ce sel ainsi décoloré à haute température, de même qu'avec le sel naturel, la sylvine.

Différents sels haloïdes des métaux alcalins ont la propriété de rester lumineux après l'excitation. Les sels de caesium et de rubidium font exception. Dans l'air la coloration disparaît d'autant plus rapidement que le sel est plus soluble. La coloration du chlorure de lithium disparaît presque immédiatement ; celle du chlorure de sodium dure environ un jour.

Au contact avec l'eau tous les sels perdent leur coloration. Dans le vide et dans l'air sec la couleur bleu foncé, du chlorure de lithium dure plus de deux mois sans altération apparente.

La cause de ces phénomènes est inconnues. Il n'y a certainement pas décomposition chimique. L'auteur incline à croire à une transformation moléculaire du sel.

Un lieutenant de l'artillerie des Etats-Unis a eu l'idée d'étudier les propriétés magnétiques de l'acier employé dans la fabrication des nouveaux canons. Il a trouvé que ce métal donne une courbe d'aimantation pareille à celle trouvée par Hopkinson pour le meilleur fer forgé. La courbe d'hystérésis est analogue à celle du fer doux recuit. Il y aurait donc dans le métal des canons américains une excellente matière première pour la construction des dynamos.

Si un jour les canons doivent devenir inutiles, on pourra toujours en faire des carcasses de dynamos !

Le chercheur sous-marin de Macevoy est un appareil destiné à indiquer la présence de masses de fer au fond de la mer. Cet appareil est basé sur le principe de la balance d'induction de Hughes, et est formé d'un dispositif électrique placé dans une boîte à bord du navire et d'un fil de

Digitized by Google

soude qu'on laisse descendre dans l'eau et qui traîne au fond de la mer. Cette sonde contient également un dispositif électrique relié avec celui du navire par un câble léger.

La disposition électrique n'est autre chose que la réunion de deux bobines d'induction, d'un téléphone, d'une pile et d'un interrupteur automatique. L'une des bobines est à bord, l'autre se trouve dans la sonde; les deux enroulements primaires sont intercalés en série dans le circuit de la pile; les deux enroulements secondaires sont en opposition et contenus dans le circuit du téléphone.

L'appareil est réglé de façon qu'à l'état normal les courants des bobines d'induction se neutralisent. Quant la sonde s'approche d'une masse de fer, l'équilibre est rompu et le téléphone rend un bruit.

C'est cet appareil qui a servi récemment à rechercher l'endroit où a fait naufrage, l'année dernière, le navire de guerre russe la *Russalka*. Jusqu'à présent on n'a rien trouvé, et l'appareil paraît même avoir assez mal fonctionné. Mais on attribue cet insuccès à des influences perturbatrices momentanées, et l'on espère arriver à un meilleur résulat cet hiver.

L'*Agriculture pratique* donne un nouvel exemple d'application de l'électricité à l'agriculture. Il s'agit de la ferme de Praforéano, dans le sud de la province de Frioul (Italie). Le propriétaire de cette ferme, le comte de Asarta, y a appliqué l'électricité, à la transmission de la force motrice pour le labourage et les différents travaux de la ferme.

Un ancien canal fait tourner une roue hydraulique à aubes, mesurant 7,50 mètres de diamètre. Cette roue actionne une dynamo de 720 volts et 18 ampères, soit d'environ 18 chevaux. La machine réceptrice développe, lorsqu'elle est à trois kilomètres de la génératrice, une puissance de 12 chevaux. On perd donc 8 chevaux dans la transmission, mais cette perte n'a, en somme, que peu d'importance, à cause du faible prix de revient de la force motrice.

Le moteur est placé sur un chariot en fer, à quatre roues, que des bœufs transportent dans les chemins des champs. Sur ce chariot, protégé par un toit en fer, on a placé le rhéostat, les appareils mesureurs, le paratonnerre, etc. Au moyen d'un commutateur, le moteur peut être facilement arrêté tandis que la dynamo ne cesse pas de fonctionner. Cette disposition est importante, car dans le labourage mécanique, il est souvent nécessaire d'arrêter l'opération.

Les deux machines sont reliées entre elles au moyen d'une sonnerie électrique pour les signaux nécesaires. La ligne de transmission se compose de deux parties : la partie fixe, qui est supportée par des poteaux et traverse le terrain de la ferme dans son plus grand axe; presqu'à son milieu, se détache un deuxième bras de direction normale. Cette ligne, qui mesure dans sa plus grande longueur 2 kilomètres et demi, est posée sur des isolateurs en porcelaine, à liquide, et elle est formée de fil de cuivre de 4,5 mm. de diamètre.

La ligne mobile est formée de 500 mètres de corde qui se dévide sur deux bobines portées par des roues ; cette ligne mobile se réunit à la ligne fixe selon les nécessités du travail. C'est ainsi que, grâce à la ligne mobile, le champ d'action peut s'étendre jusqu'à 500 mètres de chaque côté de la ligne fixe.

Avec ce système, en travail normal, la charrue électrique laboure trois hectares à la profondeur moyenne de 22 centimètres, pendant une journée de dix heures. La charrue est un trisoc qui prend 0,90 mètre de largeur et avance de 70 mètres par minute.

L'installation électrique de Praforéano ne sert pas seulement au labourage. Il y a un autre petit moteur fixe dans la laiterie de la ferme pour actionner la centrifuge et les barattes ; un autre petit moteur mobile sert tour à tour au mouvement des pompes à purin, des hache-paille, des coupe-racines, des batteuses, des élévateurs de fourrage, des presses, ainsi que des machines d'un atelier annexé à la ferme pour la réparation des outils.

La dynamo génératrice fournit aussi la lumière dans toutes les parties de la ferme, y compris les étables, et elle sert même à l'éclairage des rues du village.

Pendant les dernières élections, aux Etats-Unis, nous dit *The Electrician*, 15,000 personnes environ, à Chicago furent informées, par téléphone du résultat des élections. Le directeur de la Compagnie Téléphonique de Chicago faisait circuler dans toute la ville entre sept heures et minuit

Digitized by Google

une sorte de journal parlé. Des fils spéciaux centralisaient les nouvelles au bureau central. Là elles étaient rédigées sous forme de bulletins que des opérateurs dictaient aux dix bureaux de quartier de la ville. A chacun de ces derniers la copie multipliée à un grand nombred'exemplaires était remise à chacun de 80 opérateurs du bureau. Chaque opérateur transmettait le bulletin simultanément à 12 téléphones différents dans toutes les parties de la ville. Les nouvelles étaient reçues en 1,000 endroits différents de la ville deux minutes après leur réception par la direction centrale. Dans tous les cas, les bulletins téléphoniques arrivaient de 15 minutes à une demi-heure avant les dépêches télégraphiques, et cela sans qu'il y ait eu à noter une seule erreur.

La communication téléphonique entre Vienne et Berlin a été inaugurée au commencement de ce mois ; les premières personnes qui en ont fait usage ont été l'emperur Guillaume, au nouveau palais de Potsdam et l'Empereur François Joseph, qui utilisait l'appareil de la Hofburg.

Pour d'autres que des empereurs, le tarif sera de trois marcs par trois minutes de conversation.

L'industrie électrique en France

Paris. — Un marchand de machines à coudre exhibe en ce moment quatre petits appareils qui constituent des applications intéressantes du moteur électrique. Le premier de ces appareils est la machine à coudre munie d'un moteur électrique, application la plus connue des petits électromoteurs.

Le second appareil est une baratte électrique ; le moteur se trouve dissimulé dans le socle. En vingt ou trente minutes de fonctionnement le beurre est aggloméré.

Il y a ensuite la machine à cirer les chaussures, qui a un peu la forme d'un prie-dieu. Dans la caisse se trouve le moteur, qui actionne par une double transmission deux brosses cylindriques. L'une, la brosse supérieure, présente une courbe suivant les contours d'une bottine, l'autre, placée au-dessous, nettoie les semelles, chacune de ces brosses, lorsque l'appareil est en action, tourne avec une très grande rapidité. Le frottement énergique des brosses a, dit-on, encore pour effet d'activer la circulation du sang dans les pieds les plus glacés.

Cet appareil, comme le suivant, est d'invention américaine. Aux cours des rues de New-York, on commence à voir des cireurs de bottes automatiques, qui, moyennant deux sous jetés dans l'ouverture de l'appareil, transforment en quelques instants les chaussures les plus boueuses en élégantes bottines brillantes comme un miroir

Le dernier appareil est la brosse à frotter les parquets. Au bout d'un bâton est fixé un moteur qu'on peut relier dans les différentes pièces avec la canalisation donnant la lumière dans l'appartement. Ce moteur agit sur une série de brosses tournant à grandes vitesses en sens contraire les unes des autres. Le frotteur n'a plus qu'à guider l'appareil, qui remplace avantageusement la traditionnelle « brosse à danser. »

Aix-les-Bains (*Savoie*). — Le conseil municipal d'Aix a décidé dans sa réunion du 2 décembre d'adopter l'éclairage électrique et a nommé une commission pour s'entendre avec l'administration de la Société du Gaz, au sujet de ces propositions.

Alais (*Gard*). — La ville d'Alais avait notifié à la Compagnie locale du gaz son intention d'installer l'éclairage électrique. La Compagnie n'a pas cru devoir user du droit de préférence que lui accorde son traité et la municipalité a traité aussitôt avec MM. Louche, Bonnefoi et Froment.

Angers (*Maine-et-Loire*). — La Compagnie du gaz d'Angers, au contraire de celle d'Alais, sollicite la concession de l'éclairage électrique de cette ville. Mais elle n'a pus jusqu'à présent obtenir une solution favorable, et en attendant, différents établissements ont établi des installations produisant elles-mêmes l'énergie électrique qui leur est nécessaire. Dans l'une d'elles, établie par la maison Lombard-Gérin, on emploiera un moteur à gaz de 12 chevaux.

Batna (*Algérie*). — L'usine électrique de cette ville avait été abandonnée depuis la faillite de M. Mondos. Nous apprenons qu'elle vient d'être reprise par MM. Gally et Viette, qui se proposent de demander la force motrice à une turbine à vapeur de Laval de 50 chevaux.

Bourg Saint-Maurice (*Savoie*). — Cette petite ville sera prochainement dotée de l'éclairage électrique. A l'occasion de l'inauguration de ce

Digitized by Google

nouveau mode d'éclairage, on nous annonce que les habitants préparent une grande fête.

Saint-Dié (*Vosges*). — Les commissions municipales de l'éclairage et des finances, réunies le 14 novembre, ont décidé qu'un concours aura lieu entre les divers entrepreneurs ou sociétés d'éclairage électrique qui voudront se présenter pour l'éclairage des habitations et de la ville de Saint-Dié. Les propositions seront reçues à la mairie de Saint-Dié jusqu'au 1er février prochain pour être ensuite soumises à l'examen du conseil municipal.

Largentière (*Ardèche*). — L'*Etincelle électrique*, dit qu'il est fortement question de procéder prochainement à l'adjudication de l'éclairage de cette ville.

Vire (*Calvados*). — L'éclairage électrique de cette ville qui fonctionne depuis deux ans vient d'être augmenté. Une turbine fournit 100 chevaux. La canalisation est prévue pour 12 lampes.

Pornic (*Loire-Inférieure*). — Nous apprenons que la charmante petite ville de Pornic va être éclairée à l'électricité. Le Conseil muicipal de cette ville, en effet, a voté la concession à M. Luminais, directeur d'une société pour l'éclairage et la transmission de la force par l'électricité dans l'Ouest de la France.

Saintes (*Charente-Inférieure*). — L'installation de l'éclairage électrique a été faite par la Compagnie du gaz. On en a fait avec les meilleurs résultats un premier essai, le 24 novembre.

Vesoul. — Ville à plaindre ; liée pour une quarantaine d'années encore par un traité avec la Compagnie du gaz. Les moindres bourgades du département seront éclairées à l'électricité que Vesoul en sera encore à ses antiques réverbères municipaux.

Il est question, en Autriche, de modifier le système de taxation du téléphone. On établirait une taxe fondamentale pour un certain nombre minimum de conversations, et l'on appliquerait aux conversations dépassant ce nombre une tarification proportionnelle, système déjà en usage en Suisse. Il est nécessaire d'employer un compteur de conversation, et l'on sait qu'il existe différents systèmes pouvant remplir cet office.

Les trois villes les plus importantes de l'Alsace sont reliées par une ligne téléphonique qui a été inaugurée le 1er décembre. La nouvelle ligne doit desservir en outre Guebwiller, Thann et Saint-Louis.

Au 1er janvier sera probablement mise en service la ligne Colmar-Sainte-Marie-aux-Mines, actuellement en construction.

Les tempêtes violentes qui s'abattent fréquemment sur certaines parties des Etats-Unis causent quelquefois de grands ravages parmi les nombreuses lignes électriques de toutes espèces dont le pays est sillonné. Récemment, près de Boston, sur 1400 poteaux d'une ligne téléphonique, 300 ont été renversés ; les fils avaient été posés, il y a seulement quelques années, mais il s'était formé sur eux une couche de givre de 7 à 8 centimètres d'épaisseur, représentant un poids d'environ 5 tonnes pour les 41 fils suspendus à des poteaux écartés de 40 mètres. Dans ces conditions, les lignes les mieux établies ne pouvaient résister.

Une maison autrichienne installe en ce moment un transport électrique de force motrice aux mines d'or de MM. Stantien et Becker, à Nagy-Almas et à Varespatak, en Hongrie.

Erratum. — Dans l'analyse du mémoire de M. Zehnder, *Recherches sur les rayons de force électrique*, publié dans le numéro du 1er décembre de ce journal, une ligne du manuscrit a été omise. Nous rétablissons ci-dessous cette partie de l'analyse (page 563, colonne 1) :

— « Avec les ondes produites par cet excitateur, M. Righi a pu non seulement reproduire les expériences de Hertz, mais encore exécuter des expériences nouvelles d'interférences et de diffraction. Or, suivant M. Zehnder, il semble résulter de ces expériences que les ondes de M. Righi ne peuvent interférer qu'autant que leur différence de marche ne dépasse pas une longueur d'onde. »

Le Gérant : L. DENNERY.

Imprimerie ALCAN-LEVY, 24, rue Chauchat, Paris

Digitized by Google

1re Année — Samedi 22-29 Décembre 1894 — N° 15

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE DE L'ÉLECTRICITE

3, RUE RACINE, PARIS

Directeur P. H. LEDEBOER, Docteur ès-sciences

SOMMAIRE. — Pupillométrie et photométrie, Ch. Henry. — Le microphone Mercadier et Anizan, J. Anizan.—Traction électrique sur fortes rampes, J. Reyval. — Extraits de la presse industrielle, communications : Note sur les tramways électriques aux Etats-Unis et au Canada, par M. Wilkinson. — Nouveau système de distribution de l'énergie électrique par courants alternatifs, par C.-L. Imhoff. — Expériences sur la transmission télégraphique par câble, par P. B. Delamy.— Blanchiment électrique. — Appareil pour le raffinage de l'argent et d'autres métaux. — Revue des Sociétés savantes et des publications scientifiques : Influence du milieu ambiant sur la conductibilité électrique du cuivre, par Henry Carhart. — Effet de la température et de la mise en mouvement électrique sur la période des diapasons, par John S. Shearer. — Sur l'énergie de la molécule d'Ampère, par A. P. Chattock et F. B. Fawcett. — Chronique. — Table des matières.

PUPILLOMÉTRIE ET PHOTOMÉTRIE (1)

L'ABERRATION DE SPHÉRICITÉ DE L'ŒIL ET LA VISION MENTALE

L'aberration des surfaces sphériques est cette propriété en vertu de laquelle les rayons réfractés provenant des rayons incidents marginaux coupent l'axe en des points plus rapprochés du centre de la surface que les rayons réfractés provenant des rayons centraux.

L'aberration longitudinale λ est la distance qui sépare le foyer des rayons marginaux du foyer des rayons centraux.

L'aberration transversale λ' est la distance qui sépare le foyer des rayons centraux du point par lequel le rayon marginal réfracté coupe le plan perpendiculaire à l'axe de la surface sphérique, mené par ce foyer.

On démontre que l'on a avec une approximation suffisante :

$$\lambda' = \frac{y}{A'}\lambda,$$

y étant la perpendiculaire abaissée de l'extrémité du rayon incident sur l'axe de la lentille et A' etant donnée par la relation

$$A' = (n' - 1)\, r' + n' A;$$

n' est l'indice de réfraction de la lumière passant du milieu postérieur dans la lentille, r' l'inverse du rayon de courbure de la 2e face de la lentille. A est donnée par la relation suivante

$$A = (1 - m)\, r - m\varphi,$$

m étant l'inverse de n l'indice de réfraction de la lumière passant du milieu antérieur dans la lentille : les 2 faces étant supposées dans l'air on a $n = n'$; enfin $\varphi = \frac{1}{p}$, p étant la distance de l'objet à l'œil.

D'autre part on a la formule

$$\lambda = \frac{n'e}{(r + r')\, A'^2}\left[2B + (n' - 1)(r' + A)^2\left\{n'r' + (n' + 1)A\right\}\right]$$

r étant l'inverse du rayon de courbure de la 1re face, e l'épaisseur de la lentille, B étant donnée par la relation

$$B = \frac{1}{2}\, m\,(1 - m)\,(r - \varphi)^2\left\{mr + (1 + m)\,\varphi\right\}$$

Toujours pénible dans le cas des lentiles ordinaires, le calcul exact de λ l'est naturellement encore plus pour l'œil et n'offre qu'un intérêt très secondaire en présence de méthodes expérimentales directes.

Je traiterai dans un travail spécial des méthodes que l'on possède pour constater, et jusqu'à un certain point mesurer l'aberration de l'œil dans différentes conditions. Voici une

(1) *L'Éclairage électrique* du 1er décembre 1894.

Digitized by Google

méthode très simple, de beaucoup la plus facile à appliquer, suggérée par la découverte des modifications de la pupille chez les visuels sous l'influence de la vision mentale, mais qui peut s'appliquer à tous les sujets.

Dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (21 mai 1894), j'ai assimilé l'œil à une lentille dont les deux faces plongent dans l'air et j'ai donné une formule reliant λ aux variations du diamètre de la pupille que l'on constate chez les visuels suivant la perception du minimum perceptible à l'œil nu ou suivant cette perception à travers la lentille (1). L'assimilation de l'œil à une lentille n'étant qu'une approximation, il importe de calculer λ en fonction de l'intensité de la vision mentale et des autres données de l'expérience pour l'œil réduit.

Soient (fig. 1) AB l'objet, IC la moitié supérieure de la surface sphérique terminant le dioptre égale à $\frac{\Delta}{2}$, le rayon de la pupille dilatée, O' le centre de la surface sphérique par lequel passent les rayons centraux, O'' le centre par lequel passent les rayons marginaux, *ab* l'image fournie par les rayons centraux seuls dans la première expérience à travers la lentille, *a' b'* l'image fournie par les rayons marginaux seuls; *fc* la portion de la rétine éclairée par cette image; *ac* la portion de la rétine éclairée par la totalité des rayons, ω l'angle visuel minimum de chaque sujet pour la figure considérée, $Ca = D$ la longueur de l'œil, λ la distance $a'a$, l'aberration longitudinale de l'œil, il s'agit d'abord de calculer *ac*. On a

$$(1) \qquad ac = af + fc$$

mais

$$(2) \qquad af = \frac{\Delta}{2}\cdot\frac{\lambda}{D-\lambda}$$

d'autre part

$$(3) \qquad fc = a'b'\,\frac{D}{D-\lambda}.$$

De même

$$\frac{a'b'}{AB} = \frac{O\,a'}{O'A} \quad \text{et} \quad \frac{ab}{AB} = \frac{Oa}{OA}$$

Divisant la première de ces égalités par la deuxième et reportant dans (3) la valeur de $a'b'$ tirée de la nouvelle égalité obtenue il vient

$$(4) \qquad fc = ab\,\frac{Ca}{Ca'}\cdot\frac{O'a'}{Oa}\cdot\frac{OA}{O'A}.$$

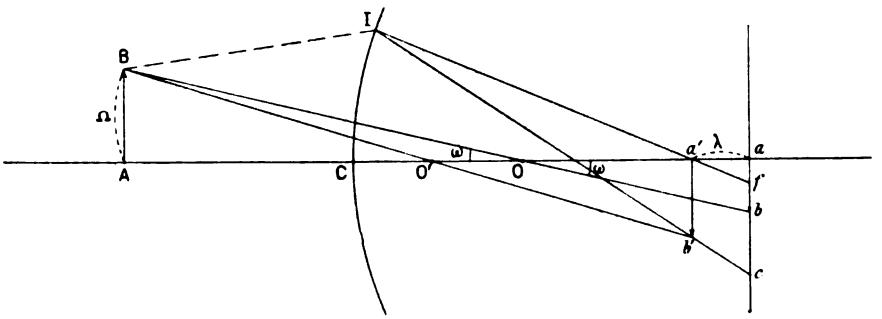


Fig. 1.

Pour connaître $\frac{O'a'}{Oa}$ reportons-nous à la théorie des dioptres. Si on appelle R le rayon de courbure pour les rayons centraux, R' le rayon de courbure pour les rayons marginaux, N, l'indice absolu de réfraction de l'air, N' l'indice absolu de réfraction du dioptre, $\frac{N'}{N} = n$ l'indice de réfraction du dioptre par rapport à l'air, on a, en tenant compte des signes,

$$-Ca = R\,\frac{N'}{N'-N} \qquad -Ca' = R'\,\frac{N}{N'-N}$$

d'où, comme $R = -CO$,

$$\frac{Ca}{Ca'} = \frac{R}{R'}$$

(1) La formule a été appliquée à tort au calcul de λ dans le cas de la vision à travers le pupillomètre; ce cas sera examiné plus loin.

Digitized by Google

Mais

$$Oa = Ca - C) = -R\frac{N}{N'-N}$$

$$O'a' = Ca' - CO' = -R'\frac{N}{N'-N}$$

d'où

$$\frac{O'a'}{Oa} = \frac{R'}{R}$$

par conséquent

$$\frac{Ca}{Ca'}\cdot\frac{O'a'}{Oa} = \frac{R}{R'}\cdot\frac{R'}{R} = 1$$

et l'équation (4) devient

$$(5) \qquad fc = ab\frac{OA}{O'A} = ab\frac{OA}{OA-OO'}.$$

Pour nous rendre compte de la grandeur de

Le principe de la méthode est celui-ci : quand l'objet disparaît, au minimum perceptible, la quantité moyenne de lumière Q perçue par l'œil nu est égale à la quantité moyenne de lumière Q_1 perçue à travers la lentille. Nous devons donc poser, p étant la distance à laquelle l'objet disparaît pour l'œil nu, p_1 la distance à laquelle il disparaît à travers la lentille

$$\frac{\Delta^2}{p_2} \times \frac{1}{\overline{ac}^2}\frac{\Delta^2_1}{p^2_1} \times \frac{1}{\overline{\alpha\beta}^2}.$$

$\alpha\beta$ est l'image fournie par les rayons centraux seuls dans l'expérience de la vision à travers la lentille; elle est l'analogue de ab dans la première expérience à l'œil nu.

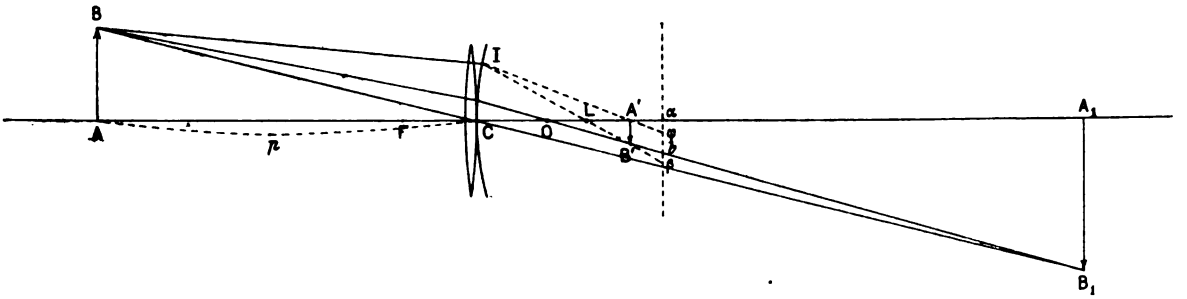


Fig. 2.

OO′ par rapport à OA, cherchons une relation entre λ et OO′. On a

$$OO' = CO - CO' = -R + R' = R' - R$$

$$\lambda = Ca - Ca' = -R\frac{N'}{N'-N} + R'\frac{N'}{N'-N} = \frac{N}{N'-N}(R'-R)$$

d'où

$$OO' = \lambda = \frac{N'-N}{N'} = \lambda\frac{n-1}{n}$$

et conséquemment

$$(6) \qquad fc = ab\frac{OA}{OA - \lambda\frac{n-1}{n}} = ab \text{ sensiblement.}$$

Pour éviter les quantités négatives, posons $R = -\rho$, nous avons

$$fc = ab = \frac{AB\cdot(D-\rho)}{OA} = (D-\rho)\operatorname{tg}\omega$$

d'où, en vertu de (1) et de (2),

$$(7) \qquad ac = \frac{\Delta}{2}\frac{\lambda}{D-\lambda} + (D-\rho)\operatorname{tg}\omega,$$

Pour simplifier le calcul de $\alpha\beta$,

$$(8) \qquad \alpha\beta = \alpha\varphi + \varphi\beta$$

remarquons que dans la figure 2 l'image de AB, A_1B_1, joue le même rôle que AB (fig. 1).

A^1B^1	$a'b^1$
$\alpha\beta$	ac
$\alpha\varphi$, $\varphi\beta$	af, f, c
A^1a	$a'a = \lambda$
ab	ab

Nous pouvons donc transformer immédiatement (2) et (6) en

$$(9) \qquad \alpha\varphi = \frac{\Delta_1}{2}\frac{A'a}{D - A'a}.$$

$$(10) \qquad \varphi\beta = ab.$$

En considérant A_1B_1 comme un objet vfriuel, en appliquant la formule des diaptres $\omega\,\omega' = ff_1$

Digitized by Google

et en utilisant pour f et f' les constantes de l'œil réduit, on trouve

$$A_1F \times A'\alpha = 15 \times 20^{mm}$$

d'où

$$A'\alpha = \frac{300}{A_1F}.$$

or $A_1F = A_1C + CN = A_1C + 15$; d'ailleurs A_1C est fourni par la formule des lentilles

$$\frac{1}{A_1C} + \frac{1}{AC} = \frac{1}{\varphi}$$

d'où

$$A_1C = \frac{p_1\varphi}{p_1 - \varphi}. \qquad A_1F = \frac{15p_1 - 15\varphi + p_1\varphi}{p_1 - \varphi}$$

par conséquent

$$A'\alpha = \frac{300\,(p_1 - \varphi)}{15p_1 - 15\varphi + p_1\varphi}$$

et enfin en reportant cette valeur de $A'\alpha$ dans (8) et en le simplifiant

$$(11) \qquad \alpha\varphi = \frac{\Delta_1}{2}\,\frac{300\,(p_1 - \varphi)}{D\,p_1\varphi}$$

Calculons maintenant le 2e terme de la somme $\alpha\beta$, c'est-à-dire $\varphi\beta = ab$.

Les triangles semblables $O\alpha b$ et OA_1B_1 fournissent la relation

$$\frac{\alpha b}{A_1B_1} = \frac{O\alpha}{OA_1};$$

mais

$$OA_1 = CA_1 - CO = \frac{p_1\varphi}{p_1 - \varphi} - \varphi = \frac{p_1\varphi - \rho(p_1 - \varphi)}{p_1 - \varphi};$$

d'autre part

$$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{CA_1}{CA} = \frac{\varphi}{p_1 - \varphi}.$$

Substituant dans l'expression de $\alpha\beta$ la valeur qui ressort de là pour A_1B_1, on trouve

$$(12) \qquad \alpha b = \frac{15\,AB\varphi}{p_1\varphi - \rho(p_1 - \varphi)} = \frac{15\,AB}{p_1} \text{ sensiblement.}$$

Substituant dans (8) les valeurs de $a\varphi$ et de αb données par (11) et (12), on trouve

$$(13) \qquad \alpha\beta = \frac{\Delta_1}{2}\,\frac{300\,(p_1 - \varphi)}{D\,p_1\varphi} + \frac{15\,AB}{p_1}.$$

Substituant les valeurs de ac et de $\alpha\beta$ données par (7) et par (13) dans l'équation fondamentale transformée

$$\frac{\alpha\beta_1\,p_1}{\Delta_1} = \frac{ac.p}{\Delta}$$

il vient

$$\frac{p_1}{\Delta_1}\left(\frac{\Delta_1}{2}\,\frac{300\,(p_1 - \varphi)}{D\,p_1\varphi} + \frac{15\,AB}{p_1}\right) = \frac{p}{\Delta}\left[\frac{\Delta}{2}\,\frac{\lambda}{D - \lambda} + (D - \rho)\operatorname{tg}\omega\right]$$

où

$$\frac{1}{2}\,\frac{300\,(p_1 - \varphi)}{D\varphi} + 15\,\frac{AB}{\Delta_1} = \frac{p}{2}\,\frac{\lambda}{D - \lambda} + p\,\frac{D - \rho}{\Delta}\operatorname{tg}\omega$$

d'où, en divisant les deux membres par p, en remarquant que $\frac{AB}{p} = \operatorname{tg}\omega$ sensiblement (rigoureusement c'est $\frac{AB}{p + \rho}$), en remplaçant $D - \gamma$ par D, et en observant que $D - \rho = 15$ mm. $p + \rho$ on tire

$$\frac{150\,(p_1 - \varphi)}{D\,p\varphi} + \frac{15\operatorname{tg}\omega}{\Delta_1} = \frac{1}{2}\,\frac{\lambda}{D} + \frac{15\operatorname{tg}\omega}{\Delta}$$

et enfin

$$(14) \qquad \lambda = \frac{300\,(p_1 - \varphi)}{p\varphi} + D\operatorname{tg}\omega\,\frac{\Delta - \Delta_1}{\Delta\Delta_1}\cdot 30.$$

Supposons maintenant qu'on veuille mesurer sa pupille en même temps qu'on considère l'objet à l'œil nu ou à travers la lentille, en un mot qu'on interpose le pupillomètre dans les deux cas : nous avons pour la quantité de lumière Q qui passe à travers le trou du pupillomètre, en appelant σ la surface de ce trou, et qui tombe sur la rétine dans le cas de l'œil nu.

$$Q = \frac{K\sigma}{AC^2}\cdot\frac{1}{ac^2}$$

pour la quantité Q, qui tombe sur la rétine dans le cas de l'œil muni de la lentille, nous avons

$$Q_1 = \frac{K\sigma}{p^2} = \frac{1}{\alpha\beta^2}$$

Nous considérons $AC = p$ comme sensiblement égal à AP et à OA.

Exprimons $Q = Q$, et remplaçons ac et $a\beta$ par leurs valeurs tirées des équations (7) et (13) nous obtenons, en remarquant que $D - \rho = 15$ millim., $\frac{\Omega}{p_1} = tg\omega$ et que $D - \lambda = D$ sensiblement.

$$(15) \qquad \lambda = \frac{\Delta_1}{\Delta}\,300\,\frac{p_1 - \varphi}{p\varphi}.$$

Voici quelques nombres extraits de mon carnet d'expériences : la 1re série se rapporte

Digitized by Google

à des expériences dans lesquelles la pupille a été mesurée après la disparition de l'objet (angle de 51°,5 et de 25 mm. de côté): la 2e à des expériences dans lesquelles la pupille a été mesurée simultanément à la disparition de l'objet (secteur gris jaunâtre de 30° et de 29 millim. de rayon) : λ a été calculé dans la 1re série par la formule (14) dans la 2e série par la formule (15).

Première série

Sujets	Δ	Δ_1	p	p_1	λ
F	6mm5	3mm5	1600	120	1m25
F	5,5	3,5	1300	162	2,02
D	6,5	5,5	4300	240	0,212
A	9	7	400	122	1,665

2e série

Sujets	Δ	Δ	p	p_1	λ
F	6mm5	4mm5	580	105	0,0178
J	9,5	8	320	170	0,552
D	7,5	7	890	180	0,251
A	5,5	4,75	320	80	0,217

Dans les expériences de la 2e série (vision à travers le pupillomètre) l'accomodation est entrée en jeu puisqu'il s'agissait à la fois de percevoir la disparition du secteur gris-jaunâtre et de constater la tangence des cercles de diffusion. Si l'on compare dans les 2 cas les λ des 3 premiers sujets qui sont les mêmes dans les 2 séries, on constate que pour deux sujets sur trois ils sont notablement plus petits dans le 2e cas, où il y a accomodation; pour le 3e sujet ils ont sensiblement la même valeur dans les 2 cas. Cette remarque confirme un fait très important et très discuté :

Pendant l'accomodation il y a tendance à corriger et à surcorriger l'aberration. Young a le premier fait connaître ce fait remarquable; des observateurs comme Wollaston et Helmholtz n'ont pas réussi à le vérifier : mais M. Tscherning l'a constaté d'une manière générale chez les jeunes gens. Ceux qui, à l'état de repos voient à des rectangles des déformations concaves en dehors, observent que la courbure disparaît à peu près complètement; ceux qui n'ont qu'une légère déformation dans ce sens voient les courbes se déformer en sens contraire et ceux qui voient les ombres droites ou légèrement concaves en dedans pendant le repos, observent une forte déformation concave en dedans. On arrive aux mêmes conclusions par l'examen des cercles de diffusion et les mesures optométriques.

CHARLES HENRY.

LE MICROPHONE MERCADIER ET ANIZAN

(NOUVEAU MODÈLE)

L'étude d'un microphone, c'est l'étude de ses contacts microphoniques en vue de s'assurer s'il réunit bien, même pour les communications à grande distance, deux qualités qui sont l'une et l'autre indispensables : l'*intensité* qui s'obtient assez facilement, et la *netteté*, c'est-à-dire la reproduction aussi exacte que possible de la parole articulée, avec le timbre particulier à chaque personne qui parle. Habituellement, dans les microphones connus, cette qualité disparaît graduellement à partir d'une certaine distance; l'intensité de la parole transmise a beau être suffisante, certaines voyelles telles que les *e*, *u*, *i*, certaines consonnes, telles que *f*, *c*, *s*, *v*, *z*, s'affaiblissent tellement que les mots et les phrases sont altérés : il en résulte que l'auditeur qui a les téléphones récepteurs aux oreilles *entend* bien qu'on lui parle, mais ne *comprend* pas ou comprend mal ce qu'on lui dit, faute de *netteté*.

Peu importe la disposition du commutateur et de la plupart des autres organes accessoires : que l'appel se fasse au moyen d'une pile ou d'une petite magnéto, que la sonnerie, polarisée ou non, se trouve montée dans le meuble de l'appareil ou qu'elle soit indépendante de ce meuble, la partie intéressante d'un microphone, ce sont ses contacts microphoniques.

Les microphones actuels peuvent se diviser en deux classes : ceux à granis, à grenaille ou à filaments de charbon et ceux à crayons de

Digitized by Google

charbon. Les premiers donnent de bons effets au début, mais ces effets ne persistent pas, parce que, fatalement, la grenaille finit par se tasser. Tout au plus peut-on admettre ces microphones lorsqu'on doit s'en servir à la main et qu'on arrive ainsi, grâce à des secousses, à éviter le tassement de la grenaille. Les seconds donnent des effets peut-être moins brillants au début, mais ces effets persistent jusqu'à usure complète de l'appareil. Et, comme on doit exiger de tout appareil microphonique — il en est de même de toutes les machines — non-seulement un bon débit à un moment donné, mais surtout un rendement régulier à tous les

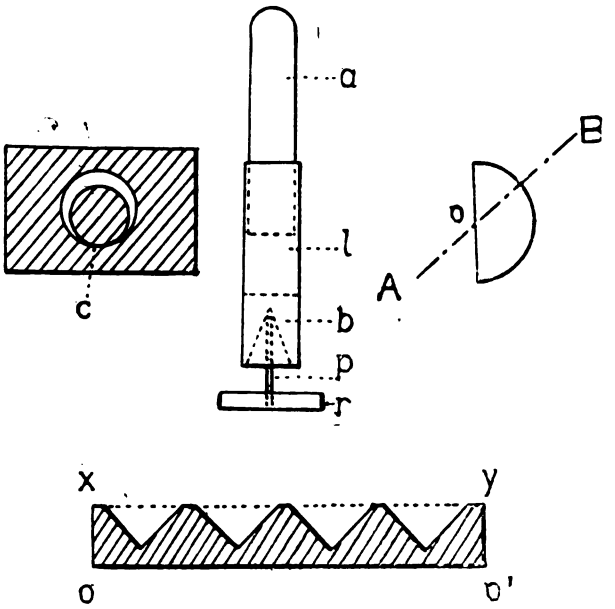


Fig. 1 à 4.

instants de son service, il est incontestable que l'avantage est en faveur des microphones à crayons de charbon.

Les contacts microphoniques de l'instrument que nous nous proposons de décrire sont obtenus au moyen de deux réglettes en charbon et de crayons en charbon. Leur disposition diffère essentiellement de celles usitées jusqu'ici. Les microphones actuels à crayons de charbon sont constitués au moyen de réglettes en charbon dans lesquelles on a creusé des alvéoles de forme cylindrique, lesquelles reçoivent les extrémités des crayons de charbon. La figure 1 montre comment se fait dans ce cas, le contact microphonique. Il s'opère par un point; la pression de ce contact, au repos de l'appareil, est donnée par la pesanteur ou par un autre moyen, mais ce contact manque de stabilité mécanique parce que, pendant le fonctionnement de l'instrument, on ne peut pas éviter un certain roulement du crayon de charbon sur la paroi cylindrique de l'alvéole de la réglette.

Les crayons de charbon du microphone Mercadier et Anizan sont disposés sur des montures métalliques. Pour chacun des crayons, le charbon de forme cylindrique *a*, s'engage à frottement dur dans un tube en laiton *l* (fig. 2). Un bouchon métallique *b* ferme l'extrémité inférieure du tube et ce bouchon est creusé à sa partie inférieure. La cavité a une forme conique. Elle sert à faire reposer le crayon sur une réglette métallique *r*, dite réglette porte-pointes.

Chacune des réglettes en charbon présente la forme extérieure d'un demi-cylindre sur lequel on a creusé quatre gorges triangulaires suivant des plans perpendiculaires à l'axe. On se rendra plus facilement compte de cette disposition en étudiant les moyens à l'aide desquels on peut obtenir ces réglettes; on prend un cylindre de charbon qu'on place sur un tour, on pratique sur quatre points des gorges au moyen d'une lime triangulaire, puis on scie le cylindre en deux suivant l'axe. On comprend que la section par un plan A B (fig. 3) passant par un point quelconque de ce demi-cylindre et par l'axe, donne une coupe (fig. 4) dans laquelle les échancrures triangulaires correspondant aux gorges, sont figurées par des triangles dont la base se confond avec la génératrice *xy* du cylindre, le sommet opposé étant dirigé vers l'axe *oo'*. D'une façon encore plus industrielle, ces réglettes peuvent être obtenues au moyen d'un moule convenablement préparé.

La planchette vibrante, de forme circulaire, est disposée verticalement de sorte que la personne qui téléphone parle dans sa position naturelle. Deux réglettes demi-cylindriques

Digitized by Google

sont fixées suivant le diamètre horizontal de la planchette; elles sont isolées l'une de l'autre. Huit crayons semblables à ceux décrits plus haut et représentés par la figure 2 viennent s'appuyer respectivement dans les rainures triangulaires des deux réglettes. On voit au moyen de la figure 6 que pour chaque extrémité de crayon on obtient deux contacts simultanés c et c'; les crayons restent tangents aux surfaces de contact, et ce dispositif assure une bonne stabilité qui évite les effets de roulement des crayons de charbon dans les alvéoles cylindriques.

La pression aux points de contact est obtenue par le déplacement parallèlement à la membrane vibrante de la réglette porte-pointes

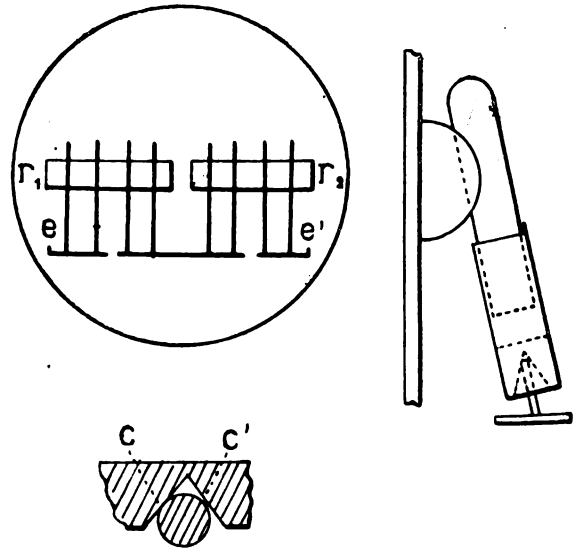


Fig. 5 à 7.

(fig. 7); on augmente ou diminue l'inclinaison des crayons de charbon et la composante horizontale de la pesanteur varie avec cette inclinaison.

Avec un tel arrangement il ne serait pas possible de transporter ni même de déplacer le microphone sans faire tomber les crayons. Grâce à l'emploi d'une sorte de peigne en ébonite, les crayons sont maintenus dans le voisinage des gorges respectives de la réglette. Ce dispositif donne ainsi toutes les garanties désirables de sécurité pendant le transport.

Il reste à parler du groupement des contacts microphoniques. C'est celui représenté par la figure 5. Les deux électrodes de charbon sont en e et e' et ce dispositif donne 4 séries de 4 contacts. On peut négliger les contacts métalliques inférieurs dont la résistance électrique, mesurée au pont de Wheatstone, est presque nulle; la réglette a d'ailleurs été montée intentionnellement en dehors de la planchette vibrante.

La résistance électrique des contacts microphoniques au repos est de 7 à 8 ohms. Avec une pile de faible résistance et d'une force électromotrice de 3 volts on a un courant d'une intensité de 3/10 d'ampère environ dans le circuit primaire.

Le déplacement de la réglette permet, avons-nous dit, le réglage des contacts microphoniques en faisant varier l'inclinaison des crayons de charbon. Si l'on rapproche la réglette porte-pointes de la planchette vibrante, et, par conséquent, les crayons de la verticale, ceux-ci sont plus mobiles, mais la pression des contacts microphoniques ayant diminué, leur résistance électrique a augmenté et, conséquemment, d'intensité du courant dans le circuit primaire a diminué. L'expérience démontre qu'il y a intérêt, en vue d'obtenir le maximum de variations d'intensité du courant dans le circuit primaire, à ramener l'intensité du courant quand on ne parle pas sur l'appareil, à 3/10 d'ampère, en augmentant la pile.

Les expériences sur ce microphone, d'un modèle récent, ont été faites avec des lignes artificielles composées de résistances et de capacités. L'inclinaison maximum des crayons de charbon donne une très grande netteté, et une intensité comparable à celle des microphones actuels. L'inclinaison minimum permet la conversation pratique avec une ligne artificielle de 400 kilomètres de fil de fer (résistance kilométrique = 10 ohms, capacité kilométrique = 0,007 microforad) ou avec une ligne artificielle de 1800 kilomètres de fil de cuivre (résistance kilométrique = 1,2 ohms, capacité kilométrique = 0,007 microforad). La

Digitized by Google

netteté est telle que les lettres à sons aigus, comme les *i*, les *u*, les *e*, (prononciation française) sortent aussi bien que les *a* et les *o*. La disposition des charbons, la mobilité combinée avec le nombre et la stabilité relative des contacts microphoniques, leur réglage simple et symétrique ont permis précisément de conserver l'*intensité* des effets tout en assurant la *netteté* à toutes les distances tant que l'intensité est suffisante. En un mot avec ce transmetteur on est certain que toutes les fois qu'*on entend* suffisamment, *on comprend*.

Même avec ce dernier réglage qui lui donne une forte intensité pour les grandes distances, ce microphone peut être utilisé aussi bien pour le service local ou urbain, grâce à l'emploi de l'adaptateur microphonique décrit dans la *Lumière Electrique* du 7 avril 1894.

Le dispositif des contacts microphoniques que nous avons décrit en détail, peut s'adapter à la plupart des transmetteurs existants.

J. ANIZAN.

TRACTION ÉLECTRIQUE
SUR FORTES RAMPES (1)

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

En ce qui concerne la traction électrique en palier aussi bien que sur rampe, on arrive aux conclusions suivantes :

Actionnement direct et indirect des génératrices. — Quoique l'actionnement direct représente l'idéal et est par cela même toujours préférable, on ne peut pas donner ce mode de fonctionnement comme la solution exclusive. Sur les lignes ayant ses pentes raides et surtout variées, en même temps que des fortes courbes, un trafic intermittent et des arrêts fréquents, les variations de charge sont si grandes et si rapides que les machines verticales à grande vitesse travaillent peu économiquement. C'est le cas à Florence et surtout à Marseille, où les machines verticales à grande vitesse ont dû être remplacées par des machines Corliss horizontales, avec transmission par courroie. Dans le cas d'une force motrice hydraulique, les turbines à haute pression permettent toujours la commande directe, tandis que les turbines à basse pression impliquent pour la commande directe des dynamos relativement plus grandes, ne donnant qu'une partie de leur puissance normale, de sorte que dans ce cas les transmissions par engrenages ou par courroies sont généralement plus économiques. Les mêmes considérations s'appliquent aux moteurs à gaz.

Force motrice hydraulique, à vapeur ou à gaz. — Le prix d'établissement d'une installation hydro-électrique est souvent supérieur à celui d'une usine à vapeur, plus particulièrement dans le cas d'un débit d'eau variable et d'une petite hauteur de chute. Les installations avec turbines à haute pression sont toujours préférables et plus économiques. Quand les forces hydrauliques disponibles ne se trouvent pas à une distance inférieure à 6 ou 7 kilomètres de la ligne, et quand le combustible est cher, le gaz fabriqué sur place est bien plus économique que la vapeur.

Conductibilité des rails. — Dans les lignes où les rails servent de circuit de retour, les éclisses ordinaires devraient avoir la même section que les rails et former un point aussi rigide que le rail même. De cette façon et surtout si les rails sont posés sur traverses métalliques, la voie donne environ 80 o/o de la conductibilité requise aux joints ; il ne reste alors que 20 o/o à parfaire en ajoutant un éclissage en cuivre. La solidité, la compacité et l'entretien soigné de la voie l'on rencontre généralement sur les chemins de fer en Europe, remplacent avantageusement les éclissages compliqués en cuivre que l'état si souvent défectueux des voies nécessite en Amérique. C'est pour la même raison que l'action électrolytique exercée sur les tuyaux à gaz et à eau, qui est

(1) *L'Eclairage Electrique* du 15 décembre 1894, page 641.

Digitized by Google

un phénomène si commun aux Etats-Unis, est à peu près inconnue en Europe.

Rails conducteurs. — Quand on se sert d'un rail conducteur du courant d'arrivée, il est préférable de le placer à l'extérieur plutôt qu'à l'intérieur de la voie, parce que l'on évite ainsi les complications et les dangers de mise en court circuit aux croisements. Sur les rampes très fortes, impliquant l'emploi d'une crémaillère centrale, celle-ci étant en contact continu avec les pignons des roues peut constituer un excellent conducteur, à la condition qu'elle soit isolé des traverses par des cloches en porcelaine servant de supports.

Trolley aérien et contacts glissants. — Le contact par un galet de trolley, dont l'axe est rigidement porté par un bras de trolley convient aux lignes à section droites et à courbes de grand rayon ; mais pour les lignes à nombreuses courbes de petit rayon, le sabot de contact de MM. Siemens et Halske et de beaucoup préférable. Il est plus léger que le trolley rigide, le trolley flexible de la ligne du South Staffordshire et que le contact glissant employé sur la ligne de l'Isle of Man. Il existe, en outre, un grand nombre de fils transversaux et les innombrables supports qu'exige le trolley rigide et dont la plupart ne sont pas précisément ornementaux. Le seul défaut inhérent au contact glissant de Siemens consiste dans l'usure que subit la pièce supérieure du cadre : mais on peut remédier à ce défaut en employant une matière de résistance convenable. Une autre forme de contact glissant est celle, très simple, employée sur un tramway électrique venant du lac de Lucerne au pied du Stauserhorn. Il consiste en une pièce de contact en bronze en forme de croissant ayant un certain jeu dans le bras de support et pouvant ainsi s'adapter aux sinuosités de la ligne.

Contact souterrain et voitures à accumulateurs. — Il est reconnu que le système à fil aérien ne convient pas aux quartiers centraux des grandes villes ; ce qui s'explique principalement aux capitales, Londres, Paris, Berlin, Vienne. Dans ces cas, le système à conduite souterraine ou les voitures à accumulateurs forment actuellement l'unique solution du problème. En Europe, le système souterrain, que ce soit celui de Budapest ou un système à fente centrale, peut coûter plus de 150 000 francs par kilomètre, selon les conditions locales. Ce coût n'est pas trop élevé, ou le trafic important dans les grandes villes ; mais le fonctionnement satisfaisant de ces systèmes présuppose, entre autre chose, un drainage parfait du caniveau.

Quant aux voitures à accumulateurs, elles constitueraient la forme idéale du tramway électrique, si le poids actuel des voitures de 12 à 15 tonnes, et la dépense revenant par voiture-kilomètre à 50 ou 60 centimes, pouvaient être réduits de moitié. On peut citer comme exemple les voitures à accumulateurs allant de la Madeleine à Saint-Denis, qui donnent des résultats satisfaisants mais qui, à cause de leur très grand poids, restent quelquefois en panne sur les longues rampes de 5 0/0 qu'elles ont à monter.

D'un autre côté le système à ligne aérienne s'adapte très bien aux tramways suburbains et aux chemins de fer légers. Le coût de ces chemins de fer de route avec voies à l'écartement d'un mètre peut être inférieur à 100 000 francs par kilomètre, l'agencement électrique compris. La ligne déjà citée du lac de Lucerne au Stanserhorn, qui ne coûte que 70 000 francs par kilomètre, de même qu'une autre ligne près de Bâle, ont démontré ce qu'un service de voitures automobiles peut accomplir dans des régions essentiellement agricoles.

Moteurs avec et sans transmission. — Les moteurs à actionnement direct conviennent aux grandes vitesses, tandis que pour les petites vitesses ils doivent être de très grandes dimensions. Pour les moteurs agissant par l'intermédiaire d'une transmission la simple réduction de vitesse est naturellement toujours préférable, quoique sur les rampes exceptionnellement raides, où les moteurs doivent développer leur puissance maxima à la plus petite vitesse, la double réduction de vitesse puisse

Digitized by Google

quelquefois être inévitable. En tout cas, les transmissions par engrenage sont toujours préférables à la vis sans fin ou à la chaîne de transmission, qui donnent lieu à des frottements considérables.

Couplage en parallèle et en série des moteurs. — Cette question très discutée ne peut être résolue *a priori*, elle dépend de chaque cas individuel. Pour les lignes en palier, le couplage en parallèle convient mieux ; tandis que sur les rampes, où le démarrage nécessite le couple maximum, on a généralement recours au couplage en série.

Variations de charge. — Sur les lignes accidentées, ces variations ne peuvent être atténuées et encore moins égalisées en augmentant le nombre des voitures, puisque les variations ne sont pas produites seulement par les incidents qu'amène le trafic, mais principalement par les pentes les courbes et les degrés variables de l'adhérence, surtout aux démarrages. Quand on emploie des dynamos à excitation séparée, on peut en partie compenser les variations de charge, en faisant varier l'excitation par l'action du courant principal traversant l'excitatrice. Mais le remède le plus efficace consiste dans l'adjonction d'une batterie d'accumulateurs permettant de faire fonctionner la machine à vapeur et la génératrice toujours à pleine charge. Les accumulateurs ont pleinement justifié leur efficacité dans cette application par les résultats économiques très favorables des installations de traction à Zurich et à l'Isle of Man.

Courant continu et courant alternatif. — Jusqu'ici on a exclusivement employé le courant continu par la traction électrique. Mais, en considérant le grand rendement, la perfection et le démarrage facile récemment atteints par les moteurs à courants alternatifs grâce notamment aux efforts persévérants de constructeurs comme MM. Brown, Boveri et C^ie^, on peut affirmer que, comme dans les installations d'éclairage et de transmission de force motrice, électrique le courant alternatif est destiné à supplanter le courant continu dans la traction. Les courants alternatifs, mono ou polyphasés, ne permettront pas seulement d'appliquer la traction électrique sur les distances plus grandes que celles que le courant continu permet d'atteindre économiquement, mais ils donneront aussi une économie d'environ un tiers sur le poids des dynamos et des moteurs, sans compter l'économie de cuivre dans les feeders et les lignes, et rendront ainsi la traction électrique beaucoup plus simple et moins coûteuse.

Mais, que ce soit par courant alternatif ou par courant continu, sur voies horizontales ou sur rampes, en ville ou à la campagne, il est certain que la traction électrique dans ses formes variées, va vers un brillant avenir.

J. Reyval.

EXTRAITS
DE LA PRESSE INDUSTRIELLE
COMMUNICATIONS

Notes sur les tramways électriques aux Etats-Unis et au Canada, par M. H.-D. Wilkinson (1).

Les roues de trolley portent par en haut sur le côté inférieur du conducteur, exactement comme dans les lignes aériennes. La figure 17 montre la disposition avec ressort pour maintenir la tension sur le fil du trolley et arrêt en arrière pour maintenir la roue en place sur le fil. La plaque voyageant dans la rainure et supportant ce système est en acier de 13 millimètres et elle a 11 millimètres de largeur. Les bras à trolley sont jointés de façon à pouvoir prendre aussi bien un mouvement latéral qu'un mouvement vertical et suivent ainsi chaque changement de direction des conducteurs.

La ligne de Chicago a la forme d'un triangle d'un peu plus de 20 hectomètres de longueur, avec trois lignes droites et trois courbes, et il

(1) Voir l'*Eclairage électrique* du 15 décembre 1894

Digitized by Google

y a un endroit où elle traverse la ligne à câble. Comme cela a été la première ligne construite d'après ce système, on a rencontré quelques difficultés, elles provenaient principalement de la fracture des isolateurs, de la dilatation des conducteurs, ainsi que de neige et de glace dans la conduite. D'autre part, les gamins fourraient du fil métallique dans les rainures, ce qui gênait la marche des roues de trolley et

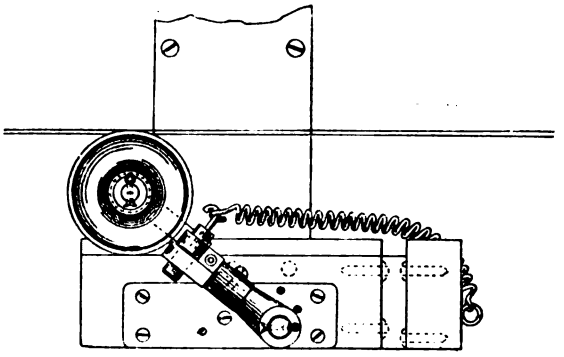


Fig. 17.

produisait de courts circuits. On se servait de brosses attachées aux voitures pour refouler l'eau et la boue des conduites dans des puisards où on la pompait ensuite ; ces puisards étaient disposés de 30 en 30 mètres. L'eau ne causait pas des dérangements, excepté quand elle gelait dans la conduite. Chicago est exposé à subir de très grandes différences de température. On avait également à redouter la chaleur car, par l'effet de la dilatation, les conducteurs s'abaissaient jusqu'à toucher le côté de la conduite de fer, sur laquelle les trolleys faisaient terre et court circuit en touchant les côtés. On est venu à bout de cette difficulté en divisant les conducteurs en sections ayant 52 et 82 mètres, et en couvrant les sections adjacentes avec un long manchon. De chaque côté du manchon on plaçait des ressorts comprimés (*fig. 18*), qui rapprochaient les bouts et recevaient l'effort de la dilatation.

Ce système a été introduit, avec des perfectionnements, à Washington (district de Colombie), par la *Rock Creek Railway Company* ; il y a été inauguré en 1892. La ligne, lorsque l'auteur la vit, s'étendait sur une longueur d'environ 104 hectomètres dans les faubourgs, avec le système de trolley aérien, mais à la limite de la ville, le trolley devient souterrain. Pour paser d'un système à l'autre, il n'y a qu'à fixer la barre de trolley et à manœuvrer le commutateur de manière à faire cesser la communication avec la terre, opération dont M. Wilkinson a estimé la durée à 20 secondes, A partir du point où se fait ce changement, la ligne se poursuit le long de la rue U sur une longueur de 24 kilomètres avec double voie. Au retour, près de la jonction, la ligne décrit une courbe très prononcée et prend en même temps une pente de $\frac{1}{40}$. Les isolateurs et les supports aux courbes sont tous consolidés et on donne à la conduite 5 décimètres de profondeur sur 350 millimètres de largeur, le supplément de largeur laissant un intervalle suffisant entre les fils et les côtés de la conduite. Les traverses sont espacées de 12 décimètres au lieu de 13 et les conducteurs sont en cuivre dur étiré de 16 millimètres de diamètre. Un atelier de force motrice séparé fut établi pour l'alimentation du système souterrain, lorsque les ingénieurs de la compagnie voulurent essayer le système. Les fuites à la terre, signalées par un volt mètre inséré entre le conducteur et la terre, ne furent que de 0,1 o/o, même par le temps le plus orageux ; l'ohmmètre resta à zéro lorsque toute la force électromotrice fut lancée et que toutes les voitures furent sur la ligne. Par les temps les plus humides, c'était chose ordinaire de trouver des isolateurs poussiéreux et des conducteurs parfaitement secs en enlevant les rails à rainure : cela était dû au tirage naturel dans la conduite et à ce que les rails à rainure faisaient

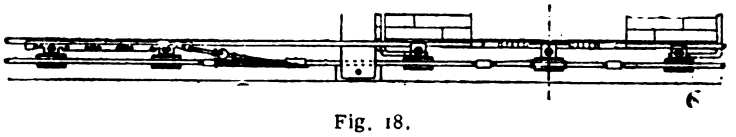


Fig. 18.

Digitized by Google

parapluie. Deux ou trois fois de grands orages avaient inondé la conduite et les fils, mais les voitures n'en furent pas retardées. Avec quatre voitures chargées sur la ligne, la tension n'était que de 3 volts. Les fils à trolley étaient en section avec alimentateur principal et alimentateur de retour, commutateurs et des coupe-circuit pour chaque section placés dans des trous de 152 en 152 mètres en ligne droite.

On a proposé d'employer, pour tramcars, des moteurs synchroniques à deux phases ou à trois phases, principalement par raison d'économie dans la transmission de la force. Il y a, dans l'emploi des courants alternatifs, certains avantages à considérer, mais il faudrait qu'au voisinage des lignes de téléphone la ligne et le retour fussent l'une près de l'autre.

MM. Siemens et Halske avaient exposé à l'Exposition universelle de Chicago, un tramcar avec moteur à trois phases. C'était, paraît-il, la première combinaison de ce genre. Le moteur était à 4 pôles, il avait 20 chevaux de force nominaux, mais il était capable de fournir jusqu'à 60 chevaux pour entre 500 et 600 volts à 14 000 tours. L'appareil à réduction était enfermé dans de l'huile.

STATIONS CENTRALES

La plupart des stations visitées par M. Wilkinson avaient de grandes machines horizontales à condensation, système compound soit croisé, soit tandem ; les unités moyennes étaient de 500 chevaux-vapeur, actionnant des générateurs de 200 kilowatts au moyen de courroies. Ces générateurs étaient ordinairement des machines compound, capables de donner 500 volts sur circuit ouvert, jusqu'à 550 en pleine charge et elles avaient la communication intermédiaire prise aux brosses et les reliant au commutateur pour permettre le couplage de machines en parallèle.

La tension à donner dépend, en grande partie, de la localité où se trouve l'atelier de force motrice. Au cœur d'une ville, là où il y a beaucoup de piétons et de voitures, les tramcars sont obligés d'aller à petite vitesse et par conséquent n'exigent pas toute la tension tandis que dans les faubourgs, la vitesse est importante pour les hommes affairés arrivant ou partant ; à Cincinnati, il était particulièrement nécessaire de maintenir une haute pression en raison des accidents de terrain des faubourgs. Les courts circuits étant fréquents, des coupe-circuits magnétiques étaient placés sur les conducteurs d'alimentation et de la dynamo au commutateur et dans quelques cas sur les machines également.

On voit que, avec des volants à demeure, du type ordinaire, la vitesse linéaire maxima de la jante ne doit pas dépasser une certaine limite, — mettons 1828 mètres par minute. La force centrifuge agissant radialement vers le dehors, tend à fléchir les parties de la jante située entre les rayons, en mettant l'extérieur de la jante en tension et l'intérieur en compression. Or, il est évident que le facteur de sécurité entre le moment de fléchissement et la tension circonférentielle de la jante diminue lorque la vitesse limite est dépassée : c'est la cause pour laquelle quelquefois des roues volent en éclats sans avertissement préalable. La grande quantité d'énergie accumulée dans ces roues dont le diamètre est compris entre 7 m. 50 et 9 mètres aidait à maintenir les volts sous de soudaines augmentations de charge, mais étaient quelquefois une cause d'anxiété quand arivaient les courts circuits. Ou bien le coupe-circuit magnétique n'agissait pas assez rapidement et l'inertie de la force motrice maintenait la dynamo en pleine vitesse et la détériorait par l'excès de chaleur produite, ou bien la machine prenait une vitesse dangereuse dès le soudain retrait de la pleine charge.

M. Wilkinson a noté quelques cas de ce genre. A une usine de force motrice, à Cincinnati, où il y avait des lignes de transmission intermédiaires entre les machines et les dynamos, sept poulies sur une même ligne de transmission s'étaient brisées par suite de l'emballement d'une machine principale, en abîmant

Digitized by Google

un nombre équivalent de dynamos qu'elle soutenaient. Lorsque l'auteur a visité cette usine, on était en train de greffer sur l'engrenage du coupe-circuit Corliss, un système au moyen duquel on devait pouvoir empêcher instantanément l'arrivée de la vapeur dans les machines en tirant une corde qui pendait d'une poulie fixée au plafond. Ces cordes pendaient de divers points de l'usine, de sorte qu'un homme placé par exemple au commutateur pouvait arrêter instantanément n'importe quelle machine.

La traction opérée sur la corde désembrayait un levier chargé qui faisait mouvoir une came placée au-dessous de l'engreange de débraiement et amenait cette canne dans une position telle que l'accès de la vapeur était totalement empêché pendant la totalité de la course du piston. — A Brooklyn, le volant d'une machine emballée avait, en éclatant, démoli le mur et le toit de l'usine. On pensait généralement que, vu l'incertitude des coupe-circuit, les générateurs devraient avoir une sous-machine, ce qui laisserait de la marge pour la surcharge.

L'auteur a observé d'autre part que quelques-unes des usines de force motrice récemment installées étaient pourvues du système à couplage direct. La tendance des praticiens américains avancés, s'il était permis d'en juger d'après ce que l'on avait fait à l'Exposition elle-même, était certainement un couplage direct. La *General Electric* Company, qui ayait installé le chemin de fer électrique élevé, de 48 hectomètres, n'employait guère que des générateurs accouplés tant à des machines horizontales qu'à des machines verticales : tandis que la *Westinghouse Electric Company* fournissait de la force motrice au trottoir mouvant au moyen d'une grande dynamo occupant la place d'un volant entre les côtés haute et basse pression d'une machine compound croisée horizontale. Cette compagnie exposait aussi un générateur de 160 chevaux de force, couplé directement à une machine Westinghouse à grande vitesse, pareille à celles qu'elle emploie régulièrement dans ses usines de force motrice.

L'auteur a vu aussi des installations à traction directe dans les usines de force motrice de Milwaukee et Cleveland. A Milwaukee, il y avait une très grande installation Edison, avec chaudière sur un plancher supérieur et machines en dessous. Les machines étaient de 600 chevaux, verticales, à triple détente, à condensation ; chacune d'elles actionnait deux générateurs de 200 kilowatts. — A Cleveland, il y avait quatre machines verticales à triple détente, à condensation, de 560 chevaux-vapeur, trois d'entre elles actionnaient chacune deux générateurs à quatre pôles de 200 kilowatts, et une autre actionnait un générateur à six pôles ; le débit maximum de la station était de 2800 ampères à 500 volts. Ces machines étaient munies d'un engrenage à soupape de Joy, contrôlé par un petit régulateur centrifuge par l'intermédiaire d'une soupape hydraulique.

Les dynamos étaient isolées de la terre avec beaucoup de soin, dans quelques cas au moyen de 12 millimètres de soufre sous les rails et, dans tous les cas, au moyen de bois sous la semelle, et là où elles étaient couplées directement le couplage était isolé. Cette précaution est nécessaire dans les endroits où on emploie des fils aériens pour empêcher un éclair latéral entre les bobines et le bâti. Quand un éclair passe par la dynamo, le courant le suit.

L'extincteur magnétique (magnetic blow-out) et les *arrêteurs* a insufflation d'air (*air-blast arresters*) sont supplantés par l'arrêteur a cuve à eau, de Wurt, dans lequel il n'y a pas de passage pour l'étincelle. La marche bien connue de l'éclair, lequel passe des bobines au cadre plutôt que de traverser l'aimant et les bobines d'armature pour aller a la terre, en raison de la self induction dans cette dernière, est utilisée pour l'empêcher d'atteindre la machine. Des bobines sont placées dans le circuit de ligne, un nombre suffisant étant en arc multiple pour transporter le courant, et sur ces bobines on établit, à intervalles, des communications avec des baguettes de charbon plongeant dans l'eau d'une cuve.

Digitized by Google

La production d'éclairs est empêchée par l'induction des bobines et les décharges par les baguettes et l'eau communiquant avec la terre. Par l'emploi d'eau courante on réduit à une très petite quantité la perte normale des générateurs; et en se servant d'un petit embranchement des grandes conduites d'eau de la ville, avec tuyau d'écoulement spécial, on a en outre l'avantage d'une bonne communication avec la terre.

Sur les circuits de tramway de 500 volts, on prenait beaucoup de force pour alimenter les moteurs particuliers. Sur le système de la *Cleveland Electrie Railvvay Company*, 350 chevaux étaient pris pour alimenter des moteurs variant de un huitième de cheval-vapeur à 25 chevaux-vapeur. Le tarif était de 24 francs par mois, par cheval-vapeur, pour 3 chevaux-vapeur ou au-delà, ou 0 fr. 80 par cheval-vapeur-heure; les chevaux-vapeur étaient déterminés au moyen d'un dynamomètre portatif, maintenu sur le circuit pendant un certain temps.

MOTEURS

On a perfectionné l'organisation des moteurs pour les voitures, la manière de les attacher aux trucs et on est parvenu à diminuer leur poids pour un débit donné. Voici quelques détails donnés par la *General Electric Company* au sujet de son dernier type de moteur, de 25 chevaux, appelé *moteur G. E. 800*.

La raison de cette appellation, paraît-il, est que l'effort exercée par le moteur est de 800 livres (363 kilogrammes) sur des voies ordinaires, avec des roues de voiture qui ont 33 pouces (836 millimètres), avec l'engrenage ordinaire à simple réduction et courant proportionné. Le poids mort à été réduit à 5567 kilos ou 331 kilos au-dessous de celui du type précédent de même force motrice, le *W. P. 50* (*waterproof motor*).

Immédiatement après la réduction du poids du moteur lui-même vient la réduction du poids mort sur les axes et la distribution de ce poids mort sur la voiture. En vertu de la suspension ordinaire par bout, la moitié du poids est supportée par l'axe et la moitié par une barre transversale reposant sur des ressorts; mais, grâce à un nouvel arrangement avec suspension à barre latérale (fig. 19) la totalité est soustraite à l'axe. La base latérale B porte le poids du moteur au tourillon E et est supportée elle-même par six barres d'assemblage boulonnées au cadre au fond (A) et par six ressorts de face en F, dont quatre supportent le poids tandis que les deux autres résistent à la pression d'en haut. L'effet de ces dispositions est de réduire considérablement l'usure de la voie et d'améliorer la marche des voitures. Le moteur est enfermé dans un cadre

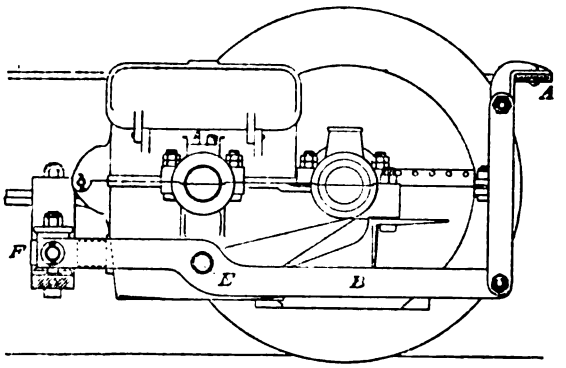


Fig. 19.

de fonte, en deux parties suspendues ensemble et formant le champ.

Il y a deux bobines de champ, l'une dans la portion supérieure et l'autre dans la portion inférieure du champ; et, comme le fil est enroulé pour donner des pôles similaires, il se forme entre eux deux pôles additionnels en résultant, ce qui constitue une machine à quatre pôles. L'armature est à connexion croisée, de sorte qu'on n'emploie qu'une paire de balais, ceux-ci, avec la bobine du champ supérieur et les plombs de l'armature, sont fixés à l'intérieur du demi-cadre supérieur et oscillent en arrière avec lui. Le fer du champ est relié à la terre, cela va de soi, et par conséquent il faut des soins spéciaux pour isoler les bobines de champ; mais on réduit au minimum la chance de défaut en couplant les bobines avec le fil de retour à terre, auquel cas leur potentiel ne peut s'écarter de celui du cadre lui-même que

Digitized by Google

de quelques volts. L'engrenage de l'axe, qui tourne dans une chambre d'huile, est arrangé pour réduire la vitesse de 4,78.

Le dernier type de moteur Westinghouse pour voitures est construit dans un cadre de fonte horizontal, sur lequel sont suspendus les aimants de champ supérieur et inférieur, de sorte que d'en haut ou d'en bas on peut arriver à l'armature. Il y a quatre pôles de champ avec même nombre de bobines. L'enroulement des armatures est en tambour; chaque bobine est enroulée sur une première de la grosseur d'un quart de la circonférence du noyau, puis taraudée et glissée à sa place entre les dents du noyau. Les fils qui composent la bobine sont posés de manière à former une bande plate qui pénètre en angle entre les dents et qui repose à plat aux bouts du tambour, en économisant de l'espace. Le tout est recouvert de substances imperméables.

Il y a deux types de *contrôleurs* (*controllers*) ou *commutateurs à combinaisons* (*combination witches*) pour mettre les deux moteurs d'une voiture en série et en arc parallèle. La manivelle du commutateur a de cinq à dix crans, ce qui donne différents degrés de vitesse. La première position ou position de départ met les moteurs en série à travers des résistances ; les crans suivants réduisent les résistances, font sortir un moteur du circuit et finalement les mettent tous deux en parallèle. Il y a aussi un levier latéral actionnant un cylindre de contacts pour renverser les moteurs. L'auteur a essayé sur un de ces contrôleurs de faire agir les moteurs comme un frein électrique. Ils furent d'abord mis en pleine vitesse, le contrôleur fut poussé en arrière à la position de départ, le courant fut coupé par le commutateur, les moteurs furent renversés puis remis en arc parallèle. La légère différence d'excitation entre les moteurs fit que l'un agit comme générateur et poussa l'autre en constituant un frein très puissant et à action rapide. On pourrait employer un simple commutateur pour opérer ces changements; on réaliserait ainsi une aide importante au frein mécanique pour un cas de nécessité.

FILS AÉRIENS ET FILS SOUTERRAINS

L'auteur n'a trouvé à Philadelphie que peu de rues avec des fils aériens. Le *City Electrical Bureau* avait fait une campagne active pour que tous les fils électriques fussent placés sous terre. Il y avait en fonctionnement une seule ligne à trolley aérien, mais les câbles d'alimentation étaient tous dans des conduites souterraines enduites de ciment. M. Walker, chef du *Electrical Bureau*, en compagnie du directeur du Département de la sécurité publique, avait étudié les systèmes de traction électrique dans d'autres villes pour donner un avis sur le plus convenable à employer pour la ville de Philadelphie. Voici la conclusion de son rapport :

« Le système aérien convient mieux pour les petites villes ou les villages, soit qu'il s'agisse d'en desservir l'intérieur, soit qu'on veuille les relier entre elles, ou pour les faubourgs d'une ville comme la nôtre ; mais quand il y a à introduire l'électricité comme force motrice dans le cœur d'une grande ville, les circuits qui transportent la force peuvent et doivent être placés près de la surface du sol. Ce système a parfaitement réussi à Chicago, et on est en train de l'introduire en grand à Washington, D. C. On ne devrait accorder de privilèges pour la propulsion électrique de voitures qu'à la condition que tous les fils employés fussent placés sous terre. Il est vrai qu'il y a une différence de prix entre le système aérien et le système souterrain, mais c'est une question secondaire en regard de la sécurité et du confortable d'un peuple, ainsi que du maintien de la beauté de nos voies publiques. De plus, il est plus facile, avec le système souterrain, de conserver la régularité du service, car ce système serait exempt des interruptions causées par le feu, la chute des fils ou l'action des éléments. Les monopoles que l'on accorde pour ces entreprises ont une grande valeur ; on devrait donc, en les accordant, prendre en considération les intérêts de la ville et faire des réserves au-dessous du sol pour les systèmes

Digitized by Google

électriques de la ville et pour l'éclairage de ses grandes voies. »

M. Wilkinson mentionne à ce propos que les autorités de Washington louent a des compagnies particulières, environ 40 kilomètres de conduites souterraines sur les 240 qui existent et qui servent, non à la propulsion du tramcar, mais à la réception des câbles et alimentateurs électriques. Les fils que possède la ville servent aux communications télégraphiques et téléphoniques entre le *City Hall*, d'une part, les stations de pompiers et de police, ainsi que les boîtes d'appel dans les rues, d'autre part, et à l'éclairage électrique d'autre part. La ville passe des contrats avec des compagnies d'éclairage pour que celles-ci fournissent les lampes et le courant ; les poteaux et les câbles sont établis par la ville.

Sur les 19 200 kilomètres de tramways des Etats-Unis et du Canada, il y en a 115 200 qui sont actionnés par l'électricité et 5 600 par des chevaux.

G. B.

L'électricité au Japon

A propos de la guerre sino-japonaise il nous paraît intéressant de donner quelques détails relatifs au progrès de l'électricité de l'Extrême-Orient.

Au Japon, les progrès de la télégraphie ont été très rapides. Son introduction date seulement de 1870, et actuellement le réseau comprend 48,000 kilomètres de lignes. Dans celles-ci sont compris plusieurs câbles sous-marins de diverses longueurs; l'un des plus longs est celui qui réunit Niphong, l'île principale, avec l'île de Tsu-Shima, située à mi-chemin entre le Japon et la Corée.

Plusieurs des vaisseaux de la flotte japonaise sont pourvus de l'éclairage électrique, et les récentes batailles navales ont fait ressortir l'habileté de la manipulation des projecteurs et l'efficacité de leur emploi.

Le téléphone a été accueilli avec enthousiasme au Japon ; à Yédo, la police et les corps préposés à l'extinction des incendies possèdent des réseaux d'appels téléphoniques parfaitement organisés.

Quant à l'éclairage électrique, il a trouvé au Japon des adeptes nombreux et convaincus, et à côté de quelques stations centrales, on y trouve même des maisons qui s'occupent de la fabrication du matériel électrique.

Nouveau système de distribution de l'énergie électrique par courants alternatifs, par C.-L Imhoff(1).

Dans les transports d'énergie électrique à l'intérieur d'une usine, ou d'une station primaire à une station secondaire peu éloignée, le moteur à courant continu à tension ordinaire suffisait. Avec l'augmentation des distances, il fallût, pour conserver le fonctionnement économique des installations, élever de plus en plus la tension ; bientôt une limite était atteinte, au-delà de laquelle il n'était ni sûr ni avantageux d'employer des machines à courant continu. C'est alors qu'intervint le courant alternatif.

L'Exposition de Francfort nous a fait faire un pas important, MM. Dobrovolsky et Brown ayant introduit dans la pratique, par le transport de force Lauffen-Francfort, un système comportant l'emploi de plusieurs courants à phases différentes, pouvant actionner des moteurs de construction très simple. Cette installation démontra, en même temps, la possibilité de transmettre économiquement à très grande distance des puissances considérables. Depuis lors les installations employant les courants polyphasés sont devenues assez nombreuses, et même dans les distributions de force motrice aux machines-outils d'une fabrique les moteurs à champ tournant, n'ayant ni collecteurs ni balais commencent à entrer en compétition avec les moteurs à courant continu.

Un grand inconvénient, auquel on n'avait pas attribué assez d'importante au début, se manifesta bientôt dans les grandes installations où il s'agissait de distribuer simultanément la

(1) *Elektrotechnische zeitschrift.*

Digitized by Google

lumière et la force motrice ; c'est que, sans dispositions compliquées il n'était pas possible de régler séparément les différentes branches, ce qui est absolument indispensable lorsque les divers circuits peuvent être chargés inégalement.

Tandis que Dobrovolsky et Görges proposèrent, pour éviter cet inconvénient l'emploi d'une ligne de compensation, Brown se consacra au perfectionnement des moteurs à courants alternatifs ordinaires et produisit divers types démarrant sous charge et dépourvus de balais et de collecteurs. D'après la méthode de Brown(1) les moteurs sont disposés en biphase au démarrage, en créant artificiellemefit une différence de phase à l'aide de condensateurs et de bobines self-induction. Dès que le synchronisme est atteint, on retire le dispositif créant la différence de phase, et le moteur continue à tourner sous l'action du courant alternatif simple de la canalisation. Quelque

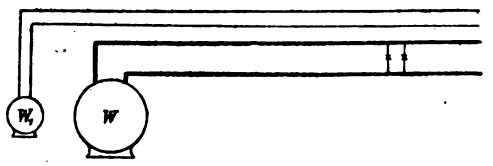


Fig. 1

simple que soit cette méthode, elle n'est pas exempte d'inconvénients. Tout d'abord, l'installation devient plus coûteuse à cause de l'emploi d'un démarreur spécial, ensuite il faut employer un courant très intense pour obtenir le couple de démarrage nécessaire et il en résulte des fluctuations dans les lampes faisant partie du réseau.

Ces faits ont conduit l'auteur à élaborer un nouveau système de distribution, qui est non seulement réglable, mais rend possible la distribution simultanée de lumière et de la force motrice par le même réseau à deux fils.

On voit que le courant alternatif simple convient aussi bien à l'actionnement des moteurs que les courants polyphasés; son principal défaut est de ne pas pouvoir faire démarrer des moteurs à induit en court circuit. Il est nécessaire d'employer des artifices qui impriment au moteur une certaine vitesse et que l'on retire ensuite du circuit. Le moyen le plus usité est le démarreur à phase auxiliaire de Brown, mais tandis que Brown est obligé de produire cette phase auxiliaire à chaque moteur et d'augmenter ainsi la complication du matériel, on la produit, d'après la méthode de l'auteur, à la station centrale sans augmenter les frais d installation pour le consommateur.

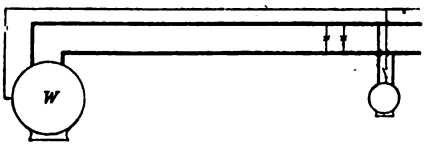


Fig. 2

Les figures 1 à 3 donnent des schémas de cette méthode. Avec l'alternateur W est couplée une autre machine plus petite W_1 produisant un courant auxiliaire en quadrature de phase avec le courant principal. Ce courant auxiliaire est amené au lieu d'utilisation par des

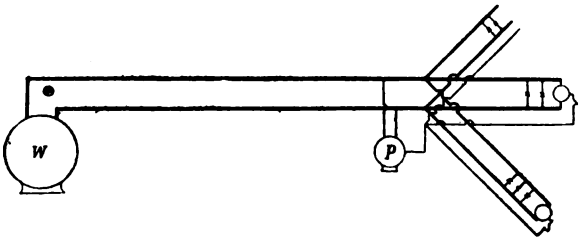


Fig 3.

lignes spéciales. Là, les moteurs sont reliés pendant le démarrage aux deux lignes, de sorte qu'ils fonctionnent d'abord comme moteurs à champ tournant. Quand la vitesse normale est atteinte, on enlève la ligne auxiliaire et le moteur n'est plus alimenté que par la canalisation principale.

A la station centrale, le réglage se réduit à maintenir constante la tension moyenne en certains points du réseau de distribution. Comme la ligne auxiliaire n'est en fonction que pendant le temps relativement court du

(1) Indiquée plusieurs années auparavant déjà par M. Maurice Leblanc.

N. D. L. R.

Digitized by Google

démarrage et que la mise en marche des différents moteurs ne s'opère presque jamais simultanément, les conducteurs peuvent être beaucoup moins gros que pour un service continu, de sorte que l'augmentation de la dépense d'établissement n'entre pas pour beaucoup en ligne de compte.

Au lieu de conduire deux lignes spéciales au centre de distribution, l'une des lignes principales peut être utilisée comme ligne de retour pour la phase auxiliaire. Il n'est pas non plus nécessaire d'employer une machine auxiliaire, que l'on peut remplacer soit par un déphaseur, soit par un enroulement spécial de la machine principale (fig. 2).

Dans les réseaux alimentés par sous-station on peut produire la phase auxiliaire dans ces dernières, à l'aide de l'appareil à différence de phase P (fig. 3).

On peut objecter à cette méthode la nécessité de poser une troisième ligne dans le réseau. Mais si l'on considère que la ligne auxiliaire ne doit avoir qu'une faible section, et que l'absence de trop grandes fluctuations du courant permet de relier les moteurs directement au réseau de distribution, on doit conclure que, dans beaucoup de cas de distribution simultanée de lumière et de force motrice, ce système ne présente pas de différence essentielle avec celui à courants polyphasés au point de vue du capital de premier établissement.

Expériences sur la transmission télégraphique par câble, par P.-B. Delany [1]

Au cours de ces derniers mois, l'auteur a fait quelques expériences de transmission sur le câble Direct United States et sur les câbles de l'Anglo-American Company. Ces essais ont été effectuées principalement avec un système spécialement disposé de transmission automatique. Sur le câble Direct-Ballingskelligs (Irlande) à Halifax, le trafic entier a été transmis pendant trois semaines dans des conditions très défavorables à cause des perturbations exceptionnellement fortes qui intéressaient à cette époque (en février dernier); mais les essais ont néanmoins clairement démontré la grande supériorité du travail de la machine sur la transmission par la main de l'opérateur.

Pour obtenir des résultats exacts, les 274 dépêches transmises le 27 février furent soigneusement contrôlées et la durée de transmission mesurée avec les résultats suivants :

Nombre de dépêches	Lettres par minute	Nombre de dépêches	Lettres par minute
3	88	32	85
22	91	16	88
12	95	30	87
10	86	29	88
2	91	26	87
4	84	274	
88	87		

En moyenne, 88 lettres par minute, approximativement.

Dans la matinée du 2 mars, le câble étant relativement exempt de courants terrestres, 34 dépêches furent transmises successivement avec les résultats ci-dessous :

Nombre de dépêches	Lettres par minute
7	100
5	98
17	95
5	89

Vitesse moyenne 95 1/2 lettres par minute, et sans erreur.

Les résultats qui précèdent sont obtenus en *service régulier*, le câble étant un Duplex.

Des dépêches chiffrées étant transmises à la vitesse de 103 lettres par minute furent rapidement renvoyées d'après la lecture sur la bande du recorder, et des dépêches de presse transmises à des vitesses de 110 à 120 lettres par minute furent immédiatement renvoyées sans erreur. Citons seulement deux exemples bien contrôlés.

14 février : 268 lettres d'une colonne de journal comprenant des chiffres et des fractions de nouvelles de bourse furent transmises

[1] *The Electrician* 30 novembre 1894.

Digitized by Google

à la vitesse de 111 lettres par minute, et immédiatement répétées sans aucune erreur d'après la bande lue à Halifax.

Ce même jour, 190 lettres furent envoyées à la vitesse de 120 mots par minute, et répétées par la station réceptrice avec une seule erreur d'un mot de deux lettres.

S'il est vrai que la vitesse obtenue en service régulier est la pierre de touche des câbles et des systèmes on peut admettre que ces vitesses expérimentales pourront être bientôt atteintes normalement, car l'expérience a montré qu'après s'être familiarisés pendant quelques mois avec les signaux automatiques, les opérateurs arrivent à les lire à une vitesse supérieure de 20 o/o à celle qui était considérée comme sûre au début.

Pendant le mois de septembre, des expériences ont été faites avec le même système sur les quatre câbles de l'Anglo-American Company Valentia (Irlande) à Halifax :

Vitesse maxima en service régulier.

	Lettres par minute
Câble de 1873	153
— 1874	153
— 1880	133
— 1894	249

Ces nombres demandent quelques explications. Au lieu de traduire les signaux en écriture courante, la Compagnie Anglo-Américaine coupe la bande du recorder en fragments, qu'elle colle sur une feuille de papier, de sorte que la retransmission se fait directement d'après le papier enregistreur reçu. Pour faciliter ce sectionnement, on laisse trois blancs entre les mots au découpage de la bande transmettrice. Pour arriver aux résultats ci-dessus on a laissé deux blancs en plus pour chaque mot de cinq lettres, et ces espaces blancs supplémentaires sont comptés sur la base de 3,7 émissions de courant par lettre, moyenne, trouvée en France, il y a quelques années, par l'analyse de 10,000 mots. En fait les mots transmis par *câble* ont en moyenne *sept* lettres; les blancs devraient donc être comptés en se basant sur cette moyenne. Les nombres précédents s'en trouveraient modifiés ainsi :

	Lettres par minute
Câble de 1873	149
— 1874	149
— 1880	129
— 1894	243

vitesse de transmission *réelle* pour les dépêches chiffrées normales, dont la durée a été soigneusement mesurée à la station par des employés de la Compagnie.

On a l'habitude d'évaluer la vitesse en comptant le nombre de tours de la roue du transmetteur, et l'on tient compte alors de tous les blancs; mais, à moins d'employer un chronomètre entre des mains expérimentées, l'évaluation peut être inexacte. Le comptage du nombre de lettres transmises pendant un essai durant plusieurs heures ne peut laisser aucun doute quant à l'exactitude des résultats, et comme la transmission de la bande reçue exige des signaux que l'opérateur moyen peut lire sans étude prolongée, l'absence des plaintes de la part de la station réceptrice est la meilleure preuve de leur compréhensibilité.

Pendant les expériences à Valentia, tous les signaux ont été jugés par le contrôle, et la sévérité avec laquelle cette règle a été appliquée est démontrée par le fait qu'à l'exception du cas du câble 1880, aucune des vitesses atteintes en service régulier n'a été dépassée dans les transmissions expérimentales. Dans différentes occasions 141 lettres par minute, sur le câble de 1880, ont été jugés « bons pour la transmission », et 146 « excellents pour la transmission »; mais au bout d'un jour ou deux de service, la vitesse ne dépassait plus 129 lettres par minute, quelque changement ayant dû se produire dans les réglages de la station réceptrice.

Transmission directe de Londres à Hart's Coutent.

Une expérience a été faite avec un système de relai inventé par l'auteur, système qui d'après les résultats obtenus ont fait prévoir dans un avenir prochain d'importantes modi-

Digitized by Google

fications dans le service télégraphique par câbles.

Des dépêches normales furent transmises directement de Londres à Hart's Coutent par le câble de 1894, avec les résultats suivants :

25 septembre. — 24 dépêches en service régulier, vitesse 178 lettres par minute.

26 septembre. — 14 dépêches en service régulier, vitesse 160 lettres par minute.

Ces expériences préparées hâtivement ont néanmoins été suffisantes pour montrer sans l'ombre d'un doute, que la transmission peut être effectuée sur de longues lignes terrestres dans les câbles sous-marins à la même vitesse que sur les câbles à partir de leur point d'atterrissement. Londres peut transmettre à Hart's Coutent, et New-York à Valentia, ce qui évite la retransmission et fait gagner beaucoup de temps. Les câbles peuvent donc être prolongés directement aux grands centres de l'intérieur et cela sans aucun des dangers des mauvais atterrissements, et sans sacrifice sur la vitesse de transmission.

Transmission par sounder à travers l'Atlantique.

Depuis plusieurs années, l'auteur étudie un système pour transmettre sur de longs câbles, à l'aide de la clef et du sounder, et espérait en donner une démonstration pendant qu'il était à Valentia; malheureusement l'appareil transmetteur envoyé de Londres à Hart's Coutent n'arriva pas à temps. Toutefois, avec une clef Morse ordinaire Hart's Coutent et un relai récepteur spécial à Valentia, cette dernière station reçut par un sounder Morse ordinaire, par le câble de 1894, 66 lettres par minute, qui furent automatiquement retransmises à Londres, où les signaux arrivèrent lisibles. Avec le transmetteur spécial construit pour cette expérience, l'auteur pense atteindre une vitesse de 100 lettres par minute, qu'on obtiendrait même en transmission par relais entre Londres et New-York. L'auteur exprime toutefois l'opinion qu'avant peu tous les longs câbles seront desservis par le système de transmission automatique.

Blanchiment électrique (1).

Le dispositif proposé par M. Kellner peut s'adapter facilement à un appareil de blanchiment quelconque. Il se compose d'électrodes A, A'... reliées entre elles par des baguettes isolantes B B'..., formant un ensemble parfaitement rigide.

Les électrodes sont formées par des plaques de cuivre ou de bronze phosphoreux dont

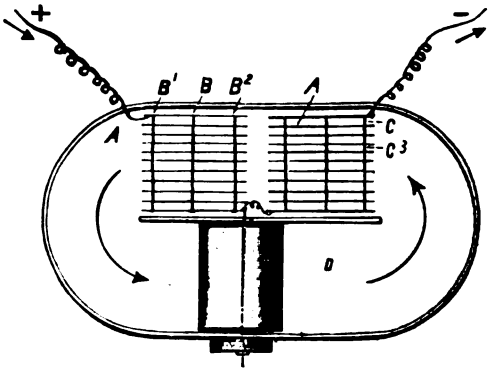


Fig. 1.

l'un des côtés est plaqué de platine tandis que l'autre côté est amalgamé. On peut dans certains cas remplacer ces plaques métalliques par des plaques de charbon. Les baguettes

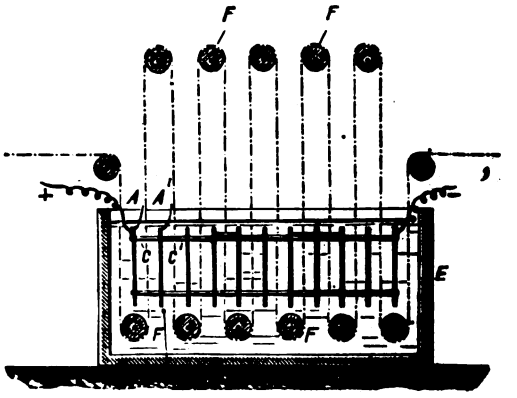


Fig. 2.

B, B' sont en ébonite ; des cales en tubes de verre C C' maintiennent une distance fixe entre les électrodes.

La figure 1 représente l'adaptation de ce système à un cylindre à papier, la figure 2 à un bac à blanchir les matières textiles. Les cuves sont remplies d'une solution saline ; le

(1) *Zeitschrift fur Electrochemie*, 1894, p. 369.

Digitized by Google

mouvement est donné soit par la révolution du cylindre D, soit par les cylindres F ; le courant électrique circule dans les électrodes, dans le sens indiqué sur les figures.

Appareil pour le raffinage de l'argent et d'autres métaux (1).

Cet appareil dû à MM. House, House et Symon est représenté en coupe verticale, figure 1, et en élévation avec des coupes partielles, figure 2. Dans le cylindre électrolytique A tourne le tambour B, maintenu par des

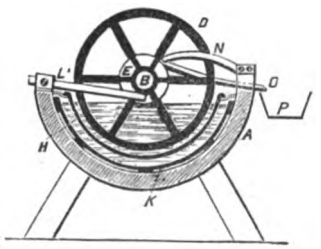


Fig. 1.

coussinets A', à l'aide d'une courroie de transmission B'. Le tambour porte des petites boîtes métalliques E, composées de segments sur lesquelles on a monté les électrodes C D. Les

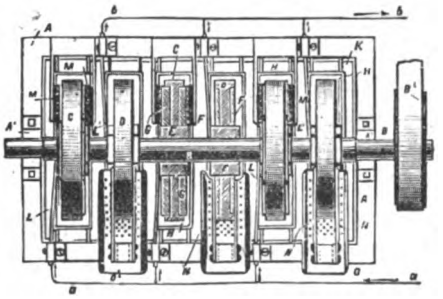


Fig. 2.

cathodes F sont formées par des plaques de cuivre argentées, les anodes par le métal à raffiner. Autour des électrodes sont disposés des sacs en canevas H ou autre matière à tamiser ; un autre sac est disposé en outre en K.

Les bras métalliques L L' s'appuyent contre les commutateurs E et conduisent le courant aux électrodes.

(1) *Zeitschrift fur Electrochemie*, 1894, p. 367.

Des brosses M servent à maintenir les anodes dans un état convenable de propreté ; un balayeur N ramasse l'argent pulvérulent, pour le conduire par la gouttière O dans le récipient P.

Le courant arrive par les conducteurs *a a* et retourne par *b b*. Les parcelles de métal qui tombent pendant le traitement sont recueillies dans les sacs H et K.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Par MM. J. BLONDIN et C. RAVEAU

Influence du milieu ambiant sur la conductibilité électrique du cuivre, par Henry S. Carhart (1).

L'an dernier, M. F. Sanford publiait, sous le titre *Une modification nécessaire de la loi d'Ohm* (2), une note où il établissait que la résistance électrique du cuivre dépend de la nature du milieu diélectrique liquide ou gazeux qui l'entoure. A la suite de cette publication, M. Carhart fit exécuter par deux de ses élèves, MM. Rodman et Keeler, des recherches sur le même sujet.

L'appareil employé ne diffère guère de celui de M. Sanford. Il se compose encore d'un tube de cuivre suivant l'axe duquel est tendu un fil du même métal ; mais tandis que dans l'appareil de M. Sanford les deux extrémités du tube sont fermées par des plaques métalliques, l'une d'elles est, dans l'appareil de MM. Rodman et Keeler, fermée par un bouchon de paraffine au milieu duquel passe le fil de cuivre qui se trouve ainsi isolé du tube à cette extrémité. Les dimensions du tube et du fil sont :

Longueur du tube...	86,3	cm.
Diamètre du tube....	2,5	cm.
Diamètre du fil.....	0,07	cm.
Longueur du fil.....	90	cm.

(1) *The Phisical Review*, t. I, p. 321-338 et t. II, p. 61-67 ; 1894.

(2) *Phil. Mag.*, t. XXXV, p. 63 ; 1893. *La Lum. Elect.*, t. XLVII, p. 138 ; 1893.

Digitized by Google

Un thermomètre sensible, enfermé dans un tube mince contenu lui-même dans le tube précédent, donne la température du milieu entourant le fil. La résistance du conducteur formé par le tube et le fil est d'environ 0,0468 ohm à 21°1 C., soit 40 pour 100 plus grande que celle de l'appareil de M. Sanford.

La différence entre cette résistance et celle d'un court cylindre de cuivre était mesurée par la méthode de Carey Foster, qui est d'une grande sensibilité. Le rhéostat était un rhéostat de Kirchhoff-Wheatstone, dont le fil est enroulé sur un cylindre de marbre, comme le construisent MM. Hartmann et Braun. La résistance de ce fil est d'environ 20 ohms, mais il était shunté par un fil d'argent allemand d'environ 0,079 ohm de résistance et plonge dans un bain de pétrole de manière à pouvoir déterminer très exactement sa température. Le fil du rhéostat est divisé en 1,000 parties égales ; il était facile dans les lectures d'apprécier la 10,000e partie. Chaque division du rhéostat avait une résistance d'environ 0,000 008 ohm 22° C.

Il était d'ailleurs sans importance que la résistance réelle fût un peu inférieure ou supérieure à cette valeur, les mesures étant relatives et non absolues. Toutefois la résistance du fil du rhéostat par unité de longueur avait été déterminée avec soin par comparaison avec deux ohms étalons. En admettant le nombre 0,00044 pour le coefficient de température de l'argent allemand on pouvait compter sur une approximation de 0,00001 d'ohm dans les valeurs calculées de la résistance du tube et du fil aux températures voisines de 22° C. Si l'on prenait 0,0004 ou 0,0005 pour ce coefficient, la différence des résultats n'était en effet que de 2 unités du sixième ordre décimal. On pouvait donc compter sur les cinq premières décimales des nombres trouvés pour représenter la résistance du tube et du fil.

Une série de mesures étaient faites après avoir rempli le tube d'abord de kerosène, (mélange d'air et de vapeurs de gazoline), ensuite d'alcool et enfin d'air et les résultats étaient représentés graphiquement en portant en abscisses les températures (variant de 21° à 30° C environ) et en ordonnée les résistances. Les trois lignes relatives aux trois diélectriques étaient sensiblement droite et, pratiquement, coïncidaient les unes avec les autres. Le tube fut alors nettoyé avec soin et une semaine après, une nouvelle série d'expériences furent faites en prenant les diélectriques dans l'ordre suivant : air, alcool, kérosène. Comme précédemment les résultats étaient représentés par trois droites presque en coïncidence. Les mesures furent répétées plusieurs fois en employant les mêmes diélectriques dans des ordres différents ainsi qu'un mélange d'alcool et de kerosène. Dans aucun cas on ne put constater entre les résistances relatives à deux diélectriques des différences qui ne puissent être attribuées aux erreurs d'observation. Ces résultats sont donc en complet désaccord avec ceux de M. Sanford, celui-ci ayant trouvé que dans le cas du kérosène, la droite représentant la résistance est nettement séparée et située en-dessous de la droite représentative de la résistance dans le cas de l'air.

D'autres expériences furent faites avec un fil de cuivre enroulé en hélice et plongé successivement dans l'air, l'alcool et le kérosène. Les mesures de résistance effectuées dans ces conditions donnèrent encore trois droites presque confondues.

La méthode employée par ses élèves pour la mesure des résistances, paraissant plus sensible que celle qu'employait M. Sanford, M. Carhart conclut des résultats précédents que les mesures de M. Sanford devaient être affectées de quelque erreur systématique et que le milieu ambiant n'a pas d'influence sur la conductibilité du cuivre.

A la suite de cette publication M. Fernando Sanford adressa au professeur Carhart une lettre dans laquelle il montre que l'approximation de ces propres mesures était au moins aussi grande que celles des mesures faites sous la direction de M. Carhart. Il insiste en outre sur les deux points suivants :

Digitized by Google

1° La résistance du tube et du fil employés par M. Carhart était en effet plus grande que celle de l'appareil employé par M. Sanford (0,0468 ohm au lieu de 0,0338 ohm), mais cet avantage était obtenu en diminuant la section du fil (1 mm. dans l'appareil de M. Carhart et 0,7 mm. dans celui de M. Sanford). Comme le tube de M. Carhart était beaucoup moins long que celui de M. Sanford (80 cm. au lieu de 120), cette cause s'ajoute à la précédente pour diminuer la surface de contact du cuivre et du milieu environnant, de sorte que cette surface était, dans les expériences de M. Carhart, moindre que la moitié de la surface de contact qu'obtenait M. Sanford. Or, il est évident que l'influence du milieu ambiant ne peut que diminuer en même temps que la surface de contact diminue.

2° Les graphiques donnés par M. Carhart ne correspondent pas aux valeurs données dans les tables, car en représentant graphiquement les résultats d'une de ces tables, M. Sanford a obtenu des points qui diffèrent beaucoup de ceux que montrent les graphiques de M. Carhart.

3° La température n'était déterminée qu'à un demi-degré près dans les expériences du professeur Carhart tandisque dans les expériences de M. Sanford elle était donnée par un thermomètre indiquant le deuxième degré.

Le professeur Carhart répliqua que dans ces expériences l'emploi d'un thermomètre gradué en demi-degrés était suffisant et qu'en tout cas les résultats obtenus avec ce thermomètre coïncident mieux avec une droite que ceux obtenus par M. Sanford. Quant à la divergence entre les nombres donnés dans une des tables et ceux qui résulte des graphiques, il l'explique par une erreur de transcription des nombres de cette table.

Cette polémique se termine par une nouvelle lettre de M. Sanford où celui-ci affirme de nouveau que le degré d'exactitude de ses mesures lui paraît au moins aussi grand que celui des mesures exécutées par les élèves de M. Carhart et où il s'étonne que ce dernier accorde une aussi grande confiance à des mesures qu'il n'a pas faites lui-même.

J.-B.

Sur l'énergie de la molécule d'Ampère, par A.-P. Chattock (1)

L'auteur adresse la lettre suivante aux éditeurs du *Philosophical Magazine* :

« A propos du Mémoire de M. Fawcet et moi, publié dans votre dernier numéro, le professeur Oliver Lodge m'a bienveillamment communiqué plusieurs considérations intéressantes.

« Si la température est due uniquement aux mouvements de translation et de vibration des molécules, il est possible qu'un temps appréciable soit nécessaire avant qu'une altération soudaine des vitesses de rotation des molécules d'un morceau de fer puisse causer une variation de la température de la pile thermoélectrique. Par conséquent, s'il en est ainsi, il peut réellement exister, en dépit de notre résultat négatif, une connexion inséparable entre la rotation moléculaire et le magnétisme moléculaire.

« Il est vrai que nos expériences duraient en moyenne deux ou trois minutes et même, dans deux cas, quatre minutes et demie sans qu'aucune variation sensible de la température apparût. Mais un nouvel examen de nos résultats, fait à la suite de la remarque du Dr Lodge, montre que dans tous les cas il y a une légère tendance des courbes qui les représentent à se relever dans une direction conforme à la théorie après l'abaissement qui suit la variation soudaine du champ et cette tendance est plus marquée dans les courbes relatives aux premières expériences, lesquelles duraient plus de temps que les autres.

« J'avoue que, tout d'abord, il ne me semblait pas possible que plusieurs minutes puissent s'écouler avant qu'une variation des rotations d'une série de molécules n'influe sur leurs vitesses de rotation et pour des molé-

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVIII, p. 577; décembre 1894 (*A lire après l'article de la p. 698*).

Digitized by Google

cules formées de plusieurs atomes ceci me semble encore improbable ; mais si les rotations qui entrent en jeu sont celles d'atomes simples tournant autour de leurs propres centres et entre lesquels il n'est pas déraisonnable d'admettre l'absence de forces tangentielles pendant les collisions (et je pense que c'est dans ce cas que s'est placé le Dr Lodge) il ne semble y avoir aucune raison s'opposant à ce que le temps nécessaire à la modification de la distribution de l'énergie soit très long.

« Les difficultés résultant d'un accroissement considérable de la durée des expériences seront sans doute très grandes car il sera nécessaire de maintenir la température très uniforme ; cependant nous espérons étudier prochainement le problème dans ces conditions. »

J. B.

Effet de la température et de la mise en mouvement électrique sur la période des diapasons, par John S. Shearer (1).

Les expériences relatées dans ce Mémoire ont été entreprises dans le but de déterminer :

1° La correction que l'on doit faire subir à la période de vibration libre d'un diapason, supposée connue à une température déterminée, lorsqu'on fait vibrer ce diapason électriquement et qu'on l'emploie comme étalon pour la mesure des petits intervalles de temps ;

2° L'influence de la température sur un tel diapason.

L'emploi continuel des diapasons dans de nombreuses recherches rend cette étude très importante. L'effet de la température entre 0° et 30° C avait déjà été recherché par M. H. Kayser (2) et par M. A. M. Mayer (3) mais ces expérimentateurs opéraient sur des diapasons mis en mouvement par un coup d'archet ou par un choc, puis abandonnés à eux-mêmes.

Dans ses expériences, l'auteur emploie la méthode des figures de Lissajous pour comparer deux diapasons, l'un vibrant librement toujours dans les mêmes conditions, l'autre vibrant dans les diverses conditions dont il voulait reconnaître les effets. Les premières expériences étaient faites en prenant un diapason de Helmholtz à interrupteur et à microscope de vibration de Lissajous. Un récepteur Morse, en circuit avec un pendule et une clef, servait de chronographe. Le courant servant à faire vibrer le diapason était fourni par une source constante et son intensité pouvait être changée au moyen de résistances. Le diapason employé comme étalon était toujours mis en mouvement par une flexion des branches ; l'autre était mis en mouvement alternativement par une flexion des branches et par l'action des électro-aimants.

Les résultats montrent que dans tous les cas le changement de la période est excessivement petit. Comme dans le but de rendre le mouvement vibratoire régulier on employait un courant donnant à l'amplitude une valeur plus grande que dans le cas des vibrations libres, cet accroissement de la période peut être attribué à l'accroissement de l'amplitude. Lorsque les deux diapasons étaient mis en mouvement par flexion des branches, il fallait en moyenne 6,43 secondes pour que l'un d'eux gagnât une vibration sur l'autre ; lorsque l'un d'eux était mis en mouvement électriquement, ce temps se trouvait réduit à 2,43 secondes. En étudiant l'effet produit par l'addition de petites boules de cire aux branches de l'un des diapasons il était facile de reconnaître que cette diminution était due à un accroissement de la période du diapason vibrant électriquement. En admettant que le diapason étalon faisait, comme l'indiquait sa marque, 256 vibrations par seconde, l'autre faisait 255,8845 vibrations lorsqu'il était libre et 255,5935 lorsqu'il était mû électriquement. Il résulte de là que la période libre de ce dernier diapason était 0,00390863 et sa période forcée 0,00391246, de sorte que l'effet de la mise en mouvement électrique était d'accroître la

(1) *The Physical Review*, t. I, p. 291-296, 1894.

(2) KAYSER *Ann. der Physik und Chemie* N. F. 8, p. 444.

(3) MAYER *Phil. Mag.* (5) t. XXI, p 286 (1886).

Digitized by Google

période dans le rapport de 1 à 1,00093 environ. Dans une autre série d'expériences l'un des diapasons effectuait une vibration de plus que l'autre en 5,92 secondes quand tous deux vibraient librement, et ce temps se trouvait réduit à 2,78 secondes quand l'un d'eux était mis en mouvement par l'électricité. Ces nombres conduisent à une valeur du rapport des périodes de la même grandeur que précédemment.

Quatre séries d'expériences furent faites en intercalant dans le circuit des électro aimants sept résistances variant de 11 ohms à 41,30 ohms. Ces séries répétées plusieurs fois donnèrent des résultats concordants. Ces résultats montrent que la période augmente en même temps que la résistance. Le tableau suivant donne en dix millionièmes de secondes la différence entre les périodes relatives aux résistances inscrites dans la première ligne et la période relative à la plus faible résistance, 11 ohms.

R =	16,50	21,66	29,33	31,75	37,75	41,30
D =	9,50	17,25	34,50	41,25	55,75	74,33

Si l'on porte les résistances en abscisses et les différences en ordonnées, on obtient une ligne sensiblement droite pour le lieu des points ainsi obtenus.

Dans ces expériences le diapason de Helmholtz était muni d'un interrupteur à mercure. D'autres furent faites en remplaçant cet interrupteur par un fil de platine fixé au diapason et en déplaçant légèrement les électro-aimants. La variation de la période était encore très petite tant que l'amplitude n'était pas beaucoup plus grande que l'amplitude des vibrations libres.

Pour étendre cette étude de l'influence du procédé utilisé pour la mise en vibration, une autre paire de diapasons fut employée. Ces diapasons étaient fixés sur une monture solide et les électro-aimants étaient placés entre les branches. Au lieu d'observer les figures de Lissajous au moyen d'un microscope de vibration, ces figures étaient formées sur un écran par la réflexion d'un rayon lumineux sur deux miroirs portés par les diapasons. Le circuit des électro-aimants était fermé et ouvert au moyen d'un fil de platine fixé au diapason et venant toucher un morceau du même métal à chaque excursion des branches vers l'extérieur. Cette disposition fut trouvée meilleure que les contacts à mercure; le mouvement du diapason était plus uniforme et pouvait être entretenu avec une plus petite amplitude. En plaçant les électro-aimants en dehors des branches il en était encore de même.

Le tableau suivant donne les résultats des mesures. Il est à remarquer que pour les faibles courants la période diminue quand l'intensité diminue. Ce résultat pouvait être prévu puisque la force attractive de l'électro-aimant s'ajoutait à celle qui était due à la réaction élastique du diapason quand les branches de celui-ci étaient le plus largement ouvertes. Tant que l'amplitude n'était pas considérablement accrue par l'action de l'électro-aimant une petite augmentation de la hauteur du son en résultait. Mais quand l'amplitude s'accroissait, cet effet se trouvait contrebalancé et finalement la période s'accroissait considérablement.

Résistance	Temps nécessaire pour un gain d'une vibration.	Nombre de vibrations	Période	Différence
11,66	3,[illegible]9	256,2639	0,00[illegible]90223	00
16,90	3,75	256,2667	0,003[illegible]0218	— 5
22,00	3,[illegible]2	256,2762	0,00390[illegible]04	— 19
23,40	3,62	256,2762	[illegible],[illegible]039020[illegible]	— 19
27,80	3,64	256,2747	0,[illegible]039020[illegible]6	— 17
29,60	3,80	256,2632	[illegible],[illegible]3902[illegible]3	0
32,80	3,76	256,2660	0,0039022[illegible]	— 3
34,60	3,90	256,25[illegible]4	[illegible],[illegible]0 90234	+ 11
38,10	4,10	256,2439	0,[illegible]0390253	+ 30
39,15	4,16	256,2404	0,[illegible]0 90258	+ 35
43,25	4,54	256,220[illegible]	0,00[illegible]90289	+ 66

Pour déterminer l'influence de la température sur la période de vibration d'un diapason mû électriquement, ce diapason était placé à l'intérieur d'une bobine de fil d'argent allemand traversé par un courant; une couche d'amiante entourant le tout évitait l'effet perturbateur des courants de convection. La température était

Digitized by Google

donnée par deux thermomètres sensibles situés, l'un près du pied du diapason, l'autre au-dessus. Pour éviter l'effet de l'aimantation du diapason par le courant de la bobine qui l'entoure, ce courant était ouvert pour faire les mesures de la période de vibration.

Comme il résultait des expériences décrites précédemment que la période de vibration d'un diapason mis en vibration par un courant d'intensité constante est très sensiblement constante, c'est un diapason de ce genre qui, pour plus de commodité, était employé comme étalon dans les recherches sur l'influence de la température. D'ailleurs cet étalon était fréquemment comparé au diapason à vibrations libres car il s'aimantait peu à peu quand on le faisait mouvoir et il pouvait en résulter une légère variation de la période. La constance de la température à l'intérieur de la bobine était obtenue en intercalant une résistance variable d'eau dans le circuit; les mesures de période étaient faites après que la température était restée constante pendant une heure afin que toute la masse du diapason se trouvât bien à la même température que l'air environnant. A 20° C la période était 0,0039086; à 80°, elle était 0,0039217. Si l'on porte les températures en abscisses et les périodes en ordonnées les points obtenus sont sensiblement en ligne droite.

Le diapason chauffé était un diapason de Kœnig marqué comme devant faire 256 vibrations par seconde. Il avait environ 25 cm. de longueur, 1,85 cm. d'écartement et 1,45 cm. d'épaisseur. Le module de Young de ce diapason, déterminé par la méthode de flexion, était de $19{,}065 \times 10^{11}$.

J. B.

Sur l'énergie de la molécule d'Ampère, par A. P. Chattock et F. B. Fawcett (1).

Les expériences relatées dans ce mémoire furent entreprises dans le but de résoudre cette question : les courants moléculaires d'Ampère sont-ils accompagnés de mouvements des molécules elles-mêmes? M. Chattock en conçut l'idée lors de son essai d'explication de certaines propriétés physiques des solides au moyen des charges ioniques [1]; cette idée découle des considérations théoriques qui suivent.

D'après la théorie de Weber, les molécules qu'Ampère introduisit dans la théorie du magnétisme peuvent être considérées comme des molécules chargées d'électricité et animées d'un rapide mouvement de rotation; cette théorie conduit en outre immédiatement à cette idée que les molécules de toute espèce de matière, qu'elles soient sous une forme électrolytique ou sous une autre, charrient avec elles les charges qu'elles possèdent quand elles fonctionnent comme ions. Il suffit donc d'admettre que les molécules d'une substance magnétique tournent, avec leurs charges, en vertu de leurs mouvements calorifiques pour expliquer la constance de leurs moments magnétiques à une température donnée.

Dans cette hypothèse, si une barre de fer est aimantée à saturation dans un champ magnétique l'effet d'un accroissement soudain de l'intensité de ce champ sera double. Il y aura une diminution brusque des moments magnétiques des molécules, diminution à laquelle correspondra une diminution de la vitesse de rotation de ces molécules et, par suite, un refroidissement de la barre de fer; cet effet sera suivi d'un lent retour aux conditions initiales, le fer recevant de la chaleur des effets environnants.

Ewing a constaté, dans ses recherches sur le fer soumis à des champs magnétiques intenses, qu'aucune variation certaine de I (Le moment magnétique par centimètre cube de fer) ne peut être décelée, après saturation, bien qu'il fît varier l'intensité du champ dans des limites très larges. Ce résultat n'est pas en contradiction avec l'hypothèse des auteurs,

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXVIII, p. 473-482; novembre 1894.

(1) *Philosophical Magazine*, t. XXXIV, p. 461 et t. XXXV, p. 76. *La Lumière Electrique*, t. XLVII, p. 244.

Digitized by Google

car, d'après cette hypothèse il ne doit y avoir aucune altération permanente de I et, la chute temporaire de I qu'elle suppose résulter d'une augmentation du champ après saturation, est trop petite, comme on le verra plus loin, pour pouvoir être observée.

Mais si la variation de I est inappréciable, la chute de température qui l'accompagne ne l'est pas. Aussi les auteurs cherchèrent-ils à mesurer cette variation de température. Ils furent d'ailleurs encouragés dans cette recherche par la publication d'un mémoire de M. Richarz [1] sur les charges ioniques où l'auteur montre qu'en adoptant pour la vitesse de rotation des ions des valeurs parfaitement admissibles, on obtient des valeurs de saturation de I du même ordre de grandeur que celles que donne l'expérience.

Montrons donc que la chute de température peut être suffisante pour être mesurable. Admettons avec les auteurs, dans le but de simplifier le calcul, que les molécules ont la forme d'anneaux très petits de diamètre δ, tournant autour de leurs axes principaux, possédant une charge q et en nombre n dans un centimètre cube de fer. Pour les applications numériques nous poserons,

$$\delta = \frac{1}{2}\,10^{-5}, \quad q = 3 \times 10^{-22}\ \text{EM}, \quad n = 10^{22}.$$

Supposons les axes des molécules parallèles et de même sens, c'est-à-dire, supposons le fer aimanté à saturation et soit I le moment magnétique par centimètre cube. Il est facile de voir que si V désigne la vitesse linéaire d'un point de la circonférence d'un anneau, on a

$$V = \frac{1}{n} \cdot \frac{4}{\pi\delta^2} \cdot \frac{\pi\delta}{q} = \frac{4I}{n\delta q}. \qquad (1)$$

Admettons maintenant que le champ qui maintient les molécules dans leurs positions s'accroisse brusquement d'une quantité H. Le nombre des lignes de force qui entrent dans chaque anneau par centimètre de sa circonférence est

$$\frac{H}{\pi\delta} \cdot \frac{\pi\delta^2}{4} = \frac{H\delta}{4},$$

et le *mementum* (quantité de mouvement) communiqué à la matière de l'anneau est

$$\frac{H\delta}{4} q.$$

Il suit de là que, si v est la variation de la vitesse initiale V d'un anneau de masse m résultant de la variation du champ, on a

$$v = \frac{H\delta q}{4m} \qquad (2)$$

La fraction $\frac{v}{V}$ représente la fraction dont décroît le magnétisme du fer quand le champ augmente de H. Si l'on prend pour H la valeur 40,000 (voisine du maximum employé par Ewing) et pour I la valeur 1500, on trouve 5×10^{-11} pour la valeur de la fraction. Par conséquent la variation de I est, comme nous le disons plus haut, très petite, trop petite même pour pouvoir être décelée par l'expérience.

Passons au calcul de la perte de chaleur correspondante. Nous avons pour la perte d'énergie cinétique des molécules contenues dans un centimètre cube,

$$\frac{1}{2} nm\,V^2 - \frac{1}{2} nm\,(V - v)^2 = nm\,V v - \frac{1}{2} nm\,v^2$$

et nous pouvons négliger le dernier terme, v étant très petit par rapport à V. Mais les relations (1) et (2) nous montre que

$$nm\,V v = IH;$$

par conséquent la perte d'énergie cinétique est I H, et en divisant ce produit par l'équivalent mécanique de la calorie J on aura la quantité de chaleur correspondante. Le calcul montre qu'un accroissement de H de 250 unités à partir de la valeur produisant la saturature du fer, doit donner lieu à une chute de température de un centième de degré centigrade.

A la suite de ces considérations théoriques MM. Chattock et Fawcett décrivent leurs expériences.

Après plusieurs essais infructueux ils adoptèrent la disposition que représente la figure 1. AA sont les extrémités des bobines d'un puissant électro-aimant; BB sont deux bobines auxiliaires destinées à produire l'altération brusque du champ magnétique; C'est une

[1] *Wied. Ann.*, t. LII, p. 385; 1896.

Digitized by Google

boîte de zinc placée entre les pôles DD de l'électro-aimant; elle est entourée de coton et contient la pièce de fer étudiée, entourée elle-même de coton.

Cette pièce de fer consiste en un paquet de fils de fer parallèles aux lignes de force, affectant la forme que montre la figure 2 et au milieu duquel se trouve engagée l'une des faces d'une pile thermoélectrique linéaire.

L'autre face de cette pile est entourée d'un paquet de fils de cuivre de la même forme. L'intensité du courant thermoélectrique donné par la pile est mesurée par la déviation d'un galvanomètre très sensible.

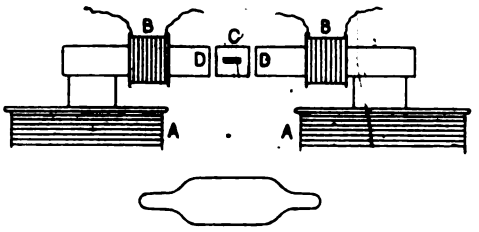


Fig. 1.

L'intensité du champ produit entre les pôles DD, capable d'aimanter le fer à saturation, était mesurée par la méthode de comparaison avec le champ terrestre; elle était de 2800 unités CGS; le renversement d'un courant passant dans les bobines BD altérait cette valeur de 166 unités.

Pour faire une expérience, on commençait par faire passer le courant dans les bobines et quand, après quelques heures, la température du morceau de fer était devenue constante, on renversait le sens du courant des bobines B et on lisait les déviations du galvanomètre de 20 secondes en 20 secondes. Cinq minutes après on renversait de nouveau le courant de B et l'on observait comme précédemment le galvanomètre. A chaque renversement du courant l'aiguille éprouvait une légère impulsion due à l'induction sur le circuit galvanométrique et prenait un mouvement d'oscillation, de sorte que les lectures de la déviation ne correspondaient pas à l'intensité du courant thermoélectrique. Mais la durée d'oscillation de l'aiguille était exactement de 60 secondes; on prenait la moyenne de trois des lectures faites à 20 secondes d'intervalle et on considérait cette moyenne comme représentant la déviation due au courant thermoélectrique à l'instant de la lecture du milieu. On avait donc 5 moyennes pendant le temps s'écoulant entre deux renversements du courant dans B. Après avoir fait neuf fois ce renversement, on renversait les positions des fils de communication avec le galvanomètre, de manière à éliminer l'effet possible du champ magnétique de l'électro-aimant sur l'aiguille, et on recommençait la série des lectures.

Avec toutes ces précautions il a été possible de mettre en évidence un effet thermique accompagnant la variation du champ. Mais en lançant un courant dans le paquet de fil de cuivre en tournant l'une des faces de la pile on reconnût que la déviation du galvanomètre était de sens inverse à celle résultant de cette variation du champ. Celle-ci produit donc une élévation de la température du fer, c'est-à-dire *précisément l'effet thermique inverse de celui qui était prévu théoriquement*.

S'étant trouvés dans la nécessité de démonter l'appareil, les auteurs le reconstruisirent en lui apportant quelques améliorations sur lesquelles ils insistent beaucoup dans leur mémoire, mais que nous ne pouvons reproduire. Avec ce nouvel appareil ils obtinrent, le premier jour, des mesures, des résultats indiquant, comme le voudrait la théorie, un *refroidissement du fer*. Mais le lendemain et les jours suivants les résultats des mesures furent inverses. Différentes tentatives furent faites, mais sans succès, pour obtenir de nouveau des résultats conformes à la théorie. Aussi concluent-ils que *si les courants moléculaires sont dus à un mouvement de rotation des charges ioniques, ce mouvement n'est inséparablement lié à un mouvement de rotation des molécules elles-mêmes*, contrairement à ce qui a été supposé dans les considérations théoriques exposées en commençant.

J. B.

Digitized by Google

CHRONIQUE

A cette époque de l'année les inventeurs, bien souvent très ingénieux, de jouets, mettent habituellement au jour une nouveauté plus ou moins réussie. La dernière production en ce genre consiste en un bateau électrique de 70 centimètres de longueur qui porte une pile et un petit moteur électrique actionnant une hélice. La charge de la pile est suffisante pour faire manœuvrer ce jouet durant une ou deux heures. On nous dit même la vitesse de ce bateau-miniature qui ne serait pas inférieure à 5 kilomètres à l'heure.

Electricity, de Chicago, cite deux applications curieuses du chauffage électrique. Dans la première un courant d'air passe sur des plaques chauffées par le courant et sert à sécher du blé. Dans la seconde application, une plaque tenue à température élevée par un courant est placée à l'intérieure d'une horloge publique qui s'arrêtait fréquemment à cause du givre dont ses organes étaient couverts par les temps humides et froids.

Boston possède un théâtre dont les habitués ne peuvent se plaindre du manque d'éclairage. Au sommet de l'édifice on aperçoit de loin le nom du théâtre « Castle Square Théâtre » en lettres lumineuses de 2 mètres de hauteur. Ces lettres sont formées par plus de 1000 lampes à incandescence de 32 bougies fixées sur une charpente solide pesant 2 1/2 tonnes.

L'entrée du théâtre et tous les couloirs sont brillamment éclairés par des lampes à arc et des lampes à incandeseence avec globes à réflecteurs des formes les plus variées. Quant à la salle elle-même elle contient un lustre gigantesque de 10 mètres de hauteur et de 9 mètres de diamètre. Ce lustre porte 350 lampes de 16 bougies avec, au centre, une lampe de 100 bougies. L'éclairage de la scène comprend 1106 lampes de 32 bougies avec verres blancs, bleus et rouges; la rampe consiste en plusieurs centaines de lampes à incandescence.

Toute cette installation est alimentée par sept circuits séparés, de sorte que la fusion d'un coupe-circuit ou un accident de ce genre ne peut faire éteindre qu'une lampe sur sept, ce qui dans un théâtre présente de l'importance. Si l'on ajoute à cela les projecteurs et tous les appareils électriques qui font partie de l'arsenal du théâtre, on ne s'étonnera pas qu'il ait fallu plus de 30 kilomètres de fil conducteur pour constituer le réseau de distribution.

Utilisation des chutes d'eau de Trollhatta

Nous avons déjà parlé dans le journal du prolet d'utilisation des chutes d'eau de Trollhatta, en Suède. Nous empruntons à *Engineering* les renseignements complémentaires suivants : Le plan du gouvernement comprend l'établissemeut d'un réservoir à la partie supérieure de l'île Gullon; il serait construit de telle façon qu'un seul des moulins déjà existants perdrait une certaine puissance. La puissance de ces chutes, est estimée à 40,000 chevaux vapeur; on se propose d'utiliser 20,000 chevaux effectifs en deux usines différentes. A l'usine de Gullon, on doit d'abord construire une usine de transmission qui disposerait de 10 000 chevaux et exigeant un débit de 74 mètres cubes par seconde des deux courants de Gullon et Topporenden.

Ayant passé la plus haute chute du Gulion, l'eau serait conduite à un réservoir creusé dans le roc, et qui alimenterait un système de turbines; l'eau y accèderait par un tunnel qui serait creusé dans le roc sous le Gullo et les deux îles Toppo et qui se terminerait à l'extrémité inférieure de Stora Toppo. La longueur de ce tunnel serait d'environ 235 mètres; la hauteur de chute, depuis l'orifice du déversoir jusqu'à l'extrémité du tunnel serait de 15 à 16 mètres; la chute effective pour les turbines serait de 14^{m} 50. Avec un débit de 74 mètres cubes par seconde également réparti entre 10 turbines, et un rendement de 72,5 pour cent, on disposerait donc d'un peu plus de 10 000 chevaux. L'installation comprendrait 11 turbines, une d'elles servant de réserve; chaque turbine serait indépendante des autres.

Digitized by Google

Le courant alternatif à la tension de 15 000 volts serait adopté pour la transmission.

Téléphonie à longue distance. — Les usines de MM. G. Angus et C°, de Cardiff et de Newcastle on Tyne viennent d'être reliées par le téléphone. La distance qui sépare les deux villes est d'environ 500 kilomètres.

Exposition des applications de l'électricité à la médecine. — Une exposition d'électricité médicale aura lieu à Paris dans le courant du mois d'avril prochain ; elle aura lieu sous les auspices de la Société Française d'Electrothérapie. S'adresser pour les renseignements à M. le Dr D. Labbé, 46, rue Pierre-Charron, à Paris.

L'industrie électrique en France

Paris. — La Direction des Postes vient de faire paraître la circulaire suivante qui n'est certainement pas destinée à rendre l'Europe jalouse de notre service téléphonique ;

« Depuis quelques jours, la direction générale des postes se voit dans la nécessité de refuser de consentir de nouveaux abonnements au téléphone.

Cette situation est due à ce fait que la direction générale des postes et télégraphes se trouve aux prises avec des difficultés budgétaires qui sont un obstacle, non seulement au bon fonctionnement, mais encore au développement du service téléphonique, en raison du nombre toujours croissant d'abonnés au téléphooe.

Les difficultés viennent de ce que, sur les huit millions, à répartir entre divers exercices votés pour la direction des postes par le Parlement en 1889, lors de la reprise des réseaux par l'Etat, quatre millions seulement ont été jusqu'ici mis à la disposition de cette administration.

Ces quatre millions ont été employés et épuisés partie à la réorganisation des services téléphoniques, partie à la construction du superbe établissement de la rue Gutenberg. Faute de nouvelles ressources, la direction générale des postes et télégraphes se trouve donc dans l'impossibilité de multiplier les fils des réseaux téléphoniques et le nombre des appareils qui pour la plupart, ont besoin d'être renouvelés.

Enfin, l'exiguité de certains bureaux est telle qu'il n'y a plus de place pour installer ni un nouveau fil, ni un excédent de personnel.

C'est dans ces conditions que l'administration des postes refuse des abonnements qu'elle ne pourrait desservir. »

Quoiqu'en dise la circulaire officielle, les difficultés sont surtout d'ordre technique. Si l'on songe que pour installer 6000 lignes d'abonnés dans un bureau, il faut employer non des milliers mais plus de 100 000 appareils de contact chacun avec plusieurs fils et soudures, on ne peut pas s'étonner de l'épuisement rapide des crédits.

Ces difficultés étaient prévues. *La Lumière électrique* les avait signalées à différentes reprises, et notamment dans son numéro du 31 mars dernier, où il est démontré qu'avec le système multiple actuel, on arrivera forcément dans les grandes villes à refuser des abonnements. Paris en est là dès maintenant. Or, les ingénieurs de l'Administration savent parfaitement qu'il existe un nouveau système qui permettrait de réduire dans des proportions énormes, aussi bien les frais d'installation que les difficultés du service, et qui rendrait même possible le groupement en un seul bureau central de toutes les lignes des abonnés parisiens. Nous espérons bien que dans la situation présente, qui ne peut qu'empirer, on tiendra compte en haut lieu des idées nouvelles, même si elles n'émanent pas de la puissante compagnie américaine dont notre système téléphonique est tributaire.

— D'une étude publiée dans le *Génie civil* par M. Fribourg, sur les progrès réalisés par l'industrie électrique depuis 1889, nous extrayons les renseignements suivants concernant la téléphonie.

Le nombre des abonnés, qui était au 1er septembre 1889 :

Pour Paris, de.....	6.255
Pour la province de.....	5.185
Donnant un total de.....	11.440
S'est élevé au 1er mai 1894 :	
Pour Paris, à.....	13.000
Pour la province, à.....	12.798
Soit un total de.....	25.858

La longueur des lignes urbaines (Paris et départements), était, en septembre 1889, de 14 947 kilomètres. Au 1er mai 1894, cette longueur de lignes atteignait 28 869 kilomètres avec un développement de fils de 64 038 kilomètres.

Digitized by Google

La longueur totale des circuits téléphoniques inter-urbains en service au mois de septembre 1889 était de 2262 kilomètres avec un développement de fils de 4525 kilomètres. Au 1er mai 1894, cette longueur atteignait 12 731 kilomètres avec un développement de fils de 25 463 kilomètres.

— Les manœuvres de forteresse de Vaujours avaient fait constater l'utilité des projecteurs électriques dans la défense des places fortes

— La *Revue du cercle militaire* vient de publier d'intéressants articles au sujet de l'emploi des projecteurs en campagne. Il ressort de cette étude que le matériel que nous possédons actuellement est notoirement insuffisant. Le projecteur ne laisse rien à désirer, mais les locomobiles, les moteurs et les dynamos sont de types très arriérés. Enfin, tandis que l'Allemagne vient de faire construire 144 appareils mobiles de grande puissance, ce qui porte à 220 le nombre des projecteurs de l'armée de terre, en France nous n'en possédons que 75. Nous sommes persuadés que l'industrie française est en mesure de fouruir un appareil réunissant toutes les conditions nécessaires de puissance, de légèreté et de mobilité, et nous espérons que l'attention ne tardera pas à se reporter sur ce point.

Paris. — Depuis plusieurs années, la population du quatrième arrondissement demande que le square de la Tour-Saint-Jacques, qui forme une masse noire au milieu de la rue de Richelieu, soit éclairé à l'électricité.

M. Opportun, conseiller municipal du quartier intéressé, qui s'était fait à l'Hôtel de Ville, l'interprète de ce vœu, va recevoir satisfaction. Le conseil municipal, dans une récente séance, a voté les crédits nécessaires à cet éclairage.

Bordeaux. — Il est question de prolonger la ligne de tramways électriques de Bordeaux-Bouscat-Vigean, inaugurée il y a un an, à travers Bordeaux par la rue David Johnston, la rue de la Course, la rue d'Avian, le cours du XXX juillet, l'hémicycle des Quinconces, les allées d'Orléans, jusqu'au quai Louis XVIII.

Caen. — La Commission chargée par la Chambre de commerce de Caen d'étudier la question de l'éclairage des navires parcourant le canal de Caen à la mer donne communication d'une lettre de la Société régionale d'électricité, contenant la proposition suivante.

Ladite Société offre de se charger, à ses risques et périls, du service d'eclairage des navires moyennant une subvention annuelle de 600 francs pendant cinq ans au moins.

Le fonctionnement de l'entreprise est subordonné à une souscription d'obligations réclamées du commerce, mais dans laquelle la Chambre n'a pas à intervenir.

Dans ces conditions, et en présence de la nécessité de plus en plus évidente de permettre, pendant la nuit, aux navires la circulation du Canal de Caen à la mer, la Chambre décide d'accorder à ladite Société une allocation annuelle de 600 francs pendant 5 années.

Au moyen de cette allocation, la Société s'engage suivant sa proposition, à assurer pendant 5 années le service au moyen de 5 batteries portatives d'accumulateurs, avec lampe et projecteur de 200 bougies, et à les tenir à la disposition des navires au tarif ci-après :

Pour les navires	jusqu'à	600 tonn.	35 fr.
—	de 600 à	800 —	40
—	de 800 à	1,000 —	45
—	de 1,000 et	au-dessus	50

Cazères (*Haute-Garonne*). — L'installation de l'éclairage électrique à Cazères est chose décidée. La réunion du Conseil municipal qui sera consacrée à cette question et à l'emprunt de 200,000 francs qui en sera la conséquence est imminente.

Saint-Claude. — Dans sa dernière séance, le Conseil municipal de Saint-Claude a définitivement approuvé tous les articles du projet de M. Passot concernant la distribution de force motrice et d'éclairage électrique.

Dijon. — Le réseau de tramways électriques de Dijon, 13 kilomètres, divisés en six lignes doit être livré aux voyageurs très prochainement. Depuis une semaine, les voitures circulent à vide pour les essais, et avec le plus grand succès.

Gex. — M. Stutzmann, ingénieur, qui a doté la ville de Ferney-Voltaire de la lumière électrique, a sollicité du Conseil municipal de Gex l'autorisation d'installer des lampes électriques dans les rues et les principaux établissements de cette pittoresque petite cité.

Il se propose par la suite, de construire un tramway électrique qui relierait Gex et Ferney.

Lille. — Une entrevue avait lieu récemment entre M. Carette, maire de Lille, et l'administration de la nouvelle Compagnie de tramways. Le

Digitized by Google

maire s'est fait l'interprète des habitants qui protestent parce qu'on a mis des poteaux pour les lignes électriques en face de leurs maisons.

L'administrateur général a fait remarquer que ses agents étaient allés partout pour demander de pouvoir placer des rosaces et que c'est seulement où cette autorisation avait été refusée que des poteaux avaient été placés. L'administration a tout intérêt à faire placer des rosaces qui ne lui coûtent que 11 francs tandis que les poteaux valent 40 francs au bas mot.

Finalement la Compagnie de tramways a donné l'assurance que toutes les lignes à traction électrique seraient établies pour fin janvier prochain et qu'à cette date les voitures rouleraient sur toutes les lignes électriques.

Lunéville. — Il est question d'un traité entre la ville de Lunéville et Mme Jeanmaire pour l'éclairage électrique de cette cité.

Le traité porte une concession, pendant dix ans, à titre exclusif. Les tarifs suivants seront appliqués aux abonnés :

Tarif n° 1. — Eclairage jusqu'à minuit et demi.

Prix à forfait pour l'année d'éclairage suivant les différents types de lampes, le remplacement des lampes usées aux frais de Mme Jeanmaire et uniquement par ses soins, l'installation suivant le mode employé pour le gaz à la charge de l'abonné.

Lampes de	10	bougies,	60	francs	par an.
—	16	—	75	—	—
—	24	—	90	—	—

Tarif n° 1 *bis*. — Mêmes conditions, mais l'installation faite par Jeanmaire pour tous les types de lampes, moyennant une prime de 10 francs par lampe et par an pendant quatre ans. Au bout de ces quatre ans l'installation deviendra la propriété de l'abonné.

Tarif n° 2. — Eclairage jusqu'à dix heures et demie du soir.

Prix à forfait pour l'année d'éclairage suivant les différents types de lampes, le remplacement des lampes usées aux frais de Mme Jeanmaire et uniquement par ses soins, l'installation suivant le mode employé pour le gaz à la charge de l'abonné.

Lampes de	10	bougies,	50	francs	par an.
—	16	—	60	—	
—	24	—	75	—	

Mme Jeanmaire se réserve de fournir au compteur l'énergie électrique aux abonnés qui la demanderont, à raison de un franc vingt centimes le kilowatt-heure, un minimum de soixante francs lui sera assuré par an.

En retour de la nouvelle autorisation qui lui est donnée et de la prolongation de quatre années jusqu'au 4 décembre 1924 du traité actuel sur le gaz, que la ville accorde à Mme Jeanmaire, celle-ci s'engage à livrer le gaz à dater du 1er juillet 1895 aux prix suivants :

Becs publics. — 0 fr. 025 par bec et par heure.

Etablissements municipaux. — 0 fr. 19 le mètre cube.

Eclairage des particuliers, — 0 fr. 28 pendant le restant du traité de gaz, c'est-à-dire jusqu'au 4 décembre 1924.

Moteurs à gaz. — 0 fr. 20 le mètre cube.

Marseille. — La question de l'éclairage électrique dans la seconde partie de la rue de la République à la place de la Joliette et au boulevard des Dames, fait l'objet d'une pétition des habitants de ce quartier populeux. Le maire, alléguant les mauvais résultats qu'aurait donné l'éclairage électrique de la première partie de la rue de la République, a déclaré qu'il serait peut-être préférable d'augmenter d'une façon suffisante l'intensité lumineuse des becs de gaz déjà existants.

Les pétitionnaires, au contraire, trouvant l'éclairage au gaz absolument insuffisant réclament l'électricité : la Compagnie du gaz paraît d'ailleurs toute disposée à faciliter la solution souhaitée.

Morez. — MM. Passot et Vergnes, de Castelpers demandent à la municipalité de Morez l'approbation de leur projet de distribution d'énergie électrique dans cette ville.

Périgueux. — La Société électrique, qui vient de se transformer en Compagnie urbaine d'eau et d'électricité, continue ses travaux d'agrandissement. Dernièrement, elle a mis en service une ligne qui dessert la rue Fournier-Lacharmie, et une autre ligne dans la rue Gambetta.

L'*Etincelle électrique* nous apprend que cette société achève en ce moment un nouveau circuit qui va desservir tout le vieux Périgueux jusqu'à la cathédrale, et qu'elle commencera prochainement la construction de trois nouvelles lignes.

Elle installe de grosses batteries d'accumulateurs et dans peu de temps elle donnera le courant jour et nuit aux abonnés au compteur.

Digitized by Google

TABLE PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE

A

ACCIDENT dû à l'électricité..... 335, 336 624
ACCOUPLEMENT élastique. — *Westinghouse*. 199
ACCOUPLEMENT élastique des moteurs à gaz *C. E. Guillaume*..... 610
ACCUMULATEURS. — *Fulmen*..... 82
— *Blot*..... 82
— *Payen*..... 288
— *Tauleigne*..... 335
ACCUMULATEURS pour éclairage et traction.. 527
— (accouplement des)..... 431
— (préparation de la matière active pour). — *Barbier*..... 657
— (préparation de la solution pour). — *H. M. Sayers*..... 172
— *Voir Tramways.*
ACIER (Propriétés magnétiques de l') des canons..... 669
ACTNOMÉTRIE électrochimique. — *Maréchal*. 423
ADHÉRENCE de l'aluminium au verre. — *Margot*..... 285
AFFINAGE et fonderie de l'argent aurifère... 191
AFFINERIE électrolytique du cuivre, à Anaconda..... 624
AGRICULTURE (application de l'électricité à l') 670
AIR (sur l'électrisation de). — *Kelvin et Maclean*..... 568
ALTERNATEUR (Courbes de force électromotrice et de l'intensité du courant d'un). — *J. Frith*..... 506
ALTERNATEURS (sur les courbes de la force électromotrice et de l'intensité du courant des différents types d') et leur influence sur la puissance lumineuse des lampes à arc. — *J. Roessler et G. Wedding*..... 216 361
ALTERNOMOTEUR bipolaire. — *Dahl*..... 203
— *Offrell*..... 305
AMALGAMATION du zinc des piles. — *Oppermann*..... 239
AMERICAN-ASSOCIATION or the advancement of science..... 275
AMPÈRE (sur l'énergie de la molécule d') *Ohattock* et *Fawcett*..... 695 678
AMPÉREMÈTRE. — *Knowles*..... 370
— *Reed*..... 369
APPAREIL SIMPLE pour la reproduction des effets Tesla. — *Martin et Palmer* 281
APPLICATIONS MÉCANIQUES de l'électricité. — *G. Richard*..... 151 585
ARCS ALTERNATIFS et arcs continus, — *Fleeming*..... 550
ARC ÉLECTRIQUE (Recherches nouvelles sur). — *Sahulka*..... 474
— (sur la température de). — *Violle*.... 610
— (sur la vitesse des particules dans). — *B. W. Snow*..... 275
— *Voir Alternateurs-Eclairage.*
ARGENTURE du verre par les procédés Lumière..... 373
ARMATURES — *Voir Induction.*
ATOME (sur l'électron ou) d'électricité. — *Johnstone Stoney*..... 517

Digitized by Google

Aurores boréales (Action des) sur les lignes téléphoniques 480
Avertisseurs, *Voir Incendie.*

B

Balais mobiles. — *J, Peasc* 197
Ballon dirigeable captif. — *Le Clément de Saint-Marc* 45
Becs de gaz Auer 381
Bibliographie. — *A. Boussac.* — Construction des lignes électriques aériennes 140
— *Cailou.* — Electricité pratique 331
— *Dumont et Baignières.* Guide pratique d'électricité industrielle ... 330
— *Martinez.* — La traction électrique .. 332
— *Neumann.* — Contribution à l'étude de la physique mathématique 668
— *Pabst.* — Electricité agricole 140
— *Price.* — Mesure des résistances électriques 523
— *Strehl.* — Théorie de la lunette astro-
— monique 44
Petit dictionnaire pratique de mécanique et d'électricité 476
— Journal allemand sur l'Industrie de l'éclairage 622
Biographie. — Henri Hertz. — *C. Raveau.* 615
— J.-W. Ritter. — *Ostwald* 450
Blanchiment électrique. — *Kellner* 692
Bouée de sauvetage électrique 383
Boussole électrique. — *Hope* 152

C

Cable (Le nouveau) transatlantique de l'Anglo-American Telegraph C° *Dearlove,* 364
— de sûreté. — *Dudgeon* 159
— sous-marins. — *S. Thompson* 223
— sous-marins 143, 144, 192 477
— — (Construction des) 239
— — (Fusion des Cies de). 285 431
— (Expériences sur la transmission télégraphique par câble. — *Delany.* 690
— *Voir Induction* .....
Calorifique (action). — *Voir Ions* .....
Canalisations électriques à Paris. — *Monmerqué* 625
— 141
— en Allemagne 143
— et les tempêtes 672
Canons (pointage électrique des) 587
— (manœuvre électrique des). — *Ormsby et Banister* 587
Canots électriques 527
Capacités inductives spécifiques de l'eau, l'alcool, etc. (note sur la mesure des). — *Fessenden* 666
Carbone. — *Voir Vapovisation* .....
Carborundum (fabrication du) 525
Casse fils électrique. — *Cudey et Vacherie.* 589
Chaleur. — *Voir Électrolytes.*
Champ électrostatique homogène (sur le mouvement des corps diélectriques dans un). — *Graetz et Fromm* 38
Champ magnétique (Calcul du) d'un courant circulant dans une bobine cylindrique. — *G.-M. Minchin* 558
— (sur la symétrie du) et du champ électrique. — *P. Curie* 627
Charbons de lampes à arc (manchon protecteur pour). — *Hardmuth* 551
Charbon (Expériences en vue d'utiliser l'énergie chimique du) sous forme d'électricité. — *Borchers* 451
Charbons a arc (Durée de combustion des) 335
Chasse à l'électricité 287
Chaudière à bouilleur (influence de la circulation sur la puissance d'évaporation de la) *J.-J.* — *Thornycroft.* 264
Chaudières (emploi du pétrole comme désincrustant des) — *Vogt* 240
Chauffage électrique des chemins de fer du mont Salère 382
Chauffage électrique 701
Chaufferies au pétrole de l'Exposition de Chicago 553
Chemin de fer électrique en Amérique 335
— de la Jungfrau 477
— à Berlin 527
— Monorail 576
Chercheurs sous-marin. — *Macevoy* 669
Circuits de retour isolés et retour par la masse à bord des navires en fer. — *Leroy* 75
Commutateur. — *Bertram et Jonhstone* 204
— Ajax (grand) 335
— à Mercure — *Siemens et Grunston* .. 134

Digitized by Google

Compteur de la Cie Continentale..... 263
— *Elihu Thomson*..... 420
Condensateurs. — Bedell, Ballantyne et Williamson..... 45
Condensation (quantité d'eau nécessaire à la). — *Compère*..... 465
Conductibilité électrique des éthers composés (Influence de la température sur la). — *Bartholi*..... 326
— des solutions salines à 4° (sur l'existence d'une anomalie de la). — *Deguise*..... 428
Conductibilité du cuivre (Influence du milieu ambiant sur la conductibilité du cuivre). — *Carhart (Henry)*..... 693
— *Lussana (Sylvio)*..... 662
Contact — *Tyer*..... 271
Controle — *Voir Installations*.....
Controleur électrique. — *Canet et Hillairet*..... 585
Courants alternatifs
— quelques avantages des). — *S.-P. Thomson*..... 271 358
— (remarques sur la méthode électrochimique d'inscription des) — *A. Blondel*..... 83
— (une méthode phonographique pour l'inscription des). — *Rolleson*..... 276
— (sur la possibilité de dériver d'un réseau à) à la terre, un courant de sens invariable..... 267
— (inductance des lignes aériennes pour). — *A. Blondel*. 242, 312, 393 493
— (méthode pour annuler les effets de l'inductance dans les circuits parcourus par des). — *R. Arno*..... 532
— (action des) sur les lignes télégraphiques et téléphoniques..... 288
Courants alternatifs. — *Voir Distribution.*
Courant minimum perceptible dans le téléphone. — *Lord Rayleigh*..... 224
Courants telluriques (étude des). — *L. Palmieri*..... 145
Courants de tesla (sur quelques recherches avec les). — *Himstedt*..... 379
Courants dans les circuits ouverts et des courants de déplacement dans les diélectriques et les électrolytes (sur deux méthodes pour l'étude des). — *de Nicolaïeff*..... 223
Courant photoélectrique (sur la relation entre le) et la position du plan de polarisation de la lumière excitante par rapport à la surface de la cathode..... 134
Courants d'Electriques (actions destructives des) sur les conduites métallique souterraines..... 78
Cours d'électricité au Conservatoire des Arts-et-Métiers..... 431

D

Décharge électrique dans l'oxygène l'air et l'azote liquides (note préliminaire sur le spectre de la). *Liveing et Dewar*..... 613
Défauts dans un fil enroulé sur une bobine conductrice (sur la recherche des). — *Campbell*..... 80
Démarrage des moteurs électriques..... 526
Diapasons (Effets de la température et de la mise en mouvement électrique sur la période des). — *Shearer*..... 696
Diélectriques (sur les). — *Appleyard* 570
— (sur la détermination des constantes) au moyen des oscillations rapides. — *Campetti*..... 88
Diélectrique (sur le pouvoir) de la glace. — *Perot*..... 468
— *Voir : champ électrique, courant, ondes.*
Dissociation (la chaleur de) d'après la théorie électrochimique. — *Ebert.* 277
Dissolutions salines. — *Voir conductibilité, résistance.*
Dissolvants. — *Voir Ions.*
Distributions a trois fils (à propos de la suppression du fil intermédiaire dans les). — *G. Claude*..... 160
Distribution a trois fils. — *Fay*..... 307
Distribution par transformateurs. — *Lamme* 307
Distribution (nouveau système de) de l'énergie électrique par courants alternatifs. — *Imhoff*..... 688
Distribution de la force motrice dans un atelier de tissage..... 381
— dans un atelier..... 383
— dans une imprimerie..... 384
— *Voir Transmission.*
Dynamo à haute tension. — *Bradley*..... 299
— à axe vertical (montage des). — *Coleman Sellers*..... 300
— *Crompton et Burton*..... 301

Digitized by Google

— multipolaire. — *Erben*..... 301
— — *Pyke et Harris*.... 199
DYNAMOS à courant continu (solution graphique de quelques problèmes pratiques relatifiaux). — *Fischer-Hinnen*..... 72, 126 169
— (détails de construction des) *G. Richard*..... 197 299
— (surcompoundage des). — *Roberts*.. 384
— et lampe pour bicyclette..... 513
— de grandes dimensions..... 47
- *Voir Rendement, Ventilateur.*
DYNAMOMOTEUR. — *Lee*..... 305
— *Voir Tramways.*

E

ECLAIRAGE par lampes à arc dans les espaces fermés. — *Nerz*..... 457
— indirect par lampes à arc..... 240
ECLAIRAGE ÉLECTRIQUE en Allemagne 381,622 624
— — au Cap..... 96
— — au Japon..... 239
— — à Moret..... 141
— — à Naples..... 382
— — à Paris..... 192
— — à Rome..... 336
— — en Suisse..... 432
— — à Vienne..... 432
— — dans les églises..... 480
ECLAIRAGE ÉLECTRIQUE de l'Exposition de Lyon. — *Eck*..... 333
— et les incendies..... 95
ECLAIRAGE. — *Voir Becs de gaz, Trains.*
ECLAIRS REMARQUABLES (quelques).—*Mc. Adie* 277
ECOLE D'APPLICATION du Laboratoire central d'électricité..... 423 429
— *G. Pellissier*..... 595
ELECTRICITÉ au port de Copenhague..... 669
— médicale..... 384
ELECTRISATION. — *Voir Air.*
ELECTRO-AIMANT (armature d') à attraction constante, — *Schoeller et Jahr*... 420
ELECTROCUTION..... 525
ELECTROCHIMIQUE. — *Voir Actinométrie, Société.*
ELECTROLYSE des jus sucrés (le procédé Schollmayer pour l'). — *Bersch*... 575
— (remarques sur les limites de). — *Berthelot*..... 374
— et de polarisation (sur quelques phénomènes et d'). — *Martini*..... 280
ELECTROLYSEUR. — *Caldwell*..... 658
ELECTROLYTES (sur les forces électromotrices thermo-électriques entre deux) et le transport électrique de la chaleur dans les électrolytes.—*Bagard* 376
— *Voir Courant*.....
ELECTROLYTIQUE (Sur une source de courant pour l'analyse). — *Heim*..... 505
— (La préparation) de la potasse, de la soude et du chlore..... 191
ELECTROMÈTRE ABSOLU. — *Guglielmo*..... 623
ELECTROMOTEURS. — *Whittingham*..... 199
ELECTRON. — *Voir Atome*.....
ELÉMENTS A AMALGAMES en circuits fermés. (variation avec le temps des). — *Th. des Coudres*..... 424
ENSEIGNEMENT INDUSTRIEL aux Etats-Unis. (Le développement de l')..... 25
EPILATION ÉLECTRIQUE..... 623
EQUILIBREUR ÉLECTROMAGNÉTIQUE. — *Desroziers*..... 285
ETALON de lumière. (La recherche d'un).— *Summer et Kurlbaum*..... 511
— de résistance. (Les alliages employés pour la construction des).—*Price*. 42
ETALONS de résistance *Queen*..... 168
ETHER pur (Conséquences de la théorie de Maxwell, relativement au mouvement de l'). — *H. Von Helmholtz*. 136
ETINCELLES (Pare). — *Kington*..... 201
EXPOSITION d'Anvers (Excursion en Belgique et à l'). —*E.-J. Brunswick*... 289 402
— de Lyon (L'Electricité à). — Jacquin..... 10, 112, 205. 255 344
— d'Anvers (Récompenses à l')..... 381
— — *Voir Platine*.....
— de Berlin (1896)..... 525
— de Bordeaux (1895)..... 336
— de Budapesth, de Gratz et de Prague (1894)..... 93
— du Cycle (1894)..... 622
— de Lyon (1894)..... 333
— de Paris (1900)..... 286
EXTINCTION de lampes électriques due à des aiguilles..... 526
EXTRACTION de l'or par le cyanure *Andreoli*..... 353, 591 637
— de l'étain..... 141

Digitized by Google

F G H

Femmes (emploi des) dans l'industrie..... 95
Fiacres électriques à Chicago..... 240
Foudre (Observations relatives à trois coups de). — *W. de Fonvielle*..... 212
— (La) considérée comme un cas de déperdition de l'énergie. — *Hodges* 276
— (Action de la) sur les poteaux télégraphiques..... 623
— *Voir Eclairs*.....
Four électrique. — *Chaplet*..... 603
Frein. — *Voir rendement*..... 29
Fumivore (nouveau). — *Hinstin*..... 133
Fusée. — *Mason*.....
Galvanomètres sensibles (sur la construction des). — *Schuster*..... 421
Gouttes (sur l'électricité des). — *J. J. Thomson*..... 564
Heure. — *Voir Transmission*.....
Holophanes (la diffusion et la distribution de la lumière par les appareils). — *F. Guilbert*..... 308

I

Incendie (appel d'). — *Kirnan*..... 157
— (Réseau d'avertisseurs électriques d') à Chicago..... 47
— des ateliers de construction de la maison Siemens et Halske, à Chicago..... 480
Induction électromagnétique dans les nappes de courant planes, cylindriques et sphériques et sa représentation par un cortège d'images en mouvement (sur l'). — *Bryan*..... 180
— (Sur la moyenne distance géométrique des éléments d'un ensemble de surface et son application au calcul des coefficients d'). — *Guye*..... 31
— (Coefficient de self) de *n* fils parallèles, égaux et équidistants dont les sections sont réparties sur une circonférence. — *Eug. Guye*..... 33
— (Influence des armateurs sur les phénomènes d') dans les câbles. — *E. Guye*..... 193
— unipolaire (étude sur l'). — *Lecher*.. 323
— (calcul du coefficient de self) d'un courant circulaire d'ouverture et de section droite données. — *G. M. Minchin*..... 615
— (Sur la mesure des coefficients de self). — *Tobler*..... 468
— *Voir Téléphoniques (lignes)*.
Inductance. — *Voir Courants alternatifs*.
Industrie électrique (L') en Allemagne 336, 576, 623
— aux Etats-Unis et en France..... 96
— en France..... 528, 621 671
— en Italie..... 526
— en Orient..... 575
Industrie minérale..... 23
Ingénieurs. — *Voir Mathématiques*.
Installations électriques (contrôle des)... 141
Institution royale de Londres..... 95
Interférence. — *Voir Résonance*.
Ions (sur les vitesses des) et le pouvoir d'ionisation des dissolvants. — *Dampier Whetam*..... 415
— hydrogène. (sur un effet calorifique de la vitesse de migration). — *Sheldon* 275
Isolateur pour hautes tensions. — *De Ferranti*..... 133
Jouet électrique..... ...
Jus sucrés. — *Voir Electrolyse*.

L

Lampes à incandescence *Baum*..... 175
— — (sur un perfectionnement dans les). — *Bolton*..... 505
— (sur le degré d'incandescence des) — *Crova*..... 474
— à incandescence (Phosphorescence des)..... 525
Lignes. — *Voir Aurores boréales, télégraphie, téléphonie, canalisations, circuits*.
Locomotive électrique en Amérique..... 576
Lumière (la propagation de la) dans les milieux en mouvement, d'après la théorie électromagnétique de la lumière. — *Reiff*..... 323

Digitized by Google

LUMIÈRE (sur la dispersion de la) par des particules métalliques. *Threfall*... 659
— Note sur le précédent mémoire. — *J.-J. Thomson*..... 661
— *Voir Etalon, holophanes.*

M N O

MACHINE A COMPTER. — *Hollerith*..... 45
MAGNÉTIQUES (sur l'équilibre des liquides). — *Mortara*..... 84
— (Propriétés) — *Voir Acier.*
MAGNÉTIQUE (protection) par un cylindre de fer creux. — *Perry*..... 179
MAGNÉTISME (effet d'un abaissement considérable de température sur le). — *Austin*..... 667
— (quelques caractéristiques) de l'iridium, — *Brackett*..... 276
— de cylindres de fer creux et pleins, — *Grottian*..... 567 612
MAGNÉTISME TERRESTRE (une extension de la théorie de Gauss sur le). — *Bauer.* 274
— (les taches du soleil et le). — *Hale*... 144
MAGNÉTISATION circulaire des fils de fer. — *Klemencie*..... 322
MARINE (l'Electricité dans la)..... 381
MATHÉMATIQUES (les) dans l'art de l'ingénieur. — *Hopkinson*..... 183 231
MÉTIER ÉLECTRIQUE. — *Lombard*..... 158
MEULE ÉLECTRIQUE. — *Church*..... 156
MICROPHONE Mercadier et Anizan. — I. *Anisan*..... 677
MISE EN TRAIN. — *Bell*..... 304
MODULE DE YOUNG d'une corde de piano (influence de la chaleur et de l'électricité sur le). — *Mary, C. Noyer*.. 275
MORT DE H. VON HELMHOLTZ..... 45
MOTEUR A GAZ pauvres de 300 chevaux..... 317
— —..... 418
— *Voir Acouplement.*
MOTEUR TRIPHASÉ. — *Bell*..... 306
MOTEUR à courants allernatifs d'Oerlikon... 175
— — *Stanley*..... 305
MOTEURS A VAPEUR pour l'éclairage électrique (Régulation des)..... 320
MOTEURS ÉLECTRIQUES dans les sucreries... 526
— En Suisse..... 288
MOTEUR. — *Voir Rendement, électromoteurs alternomoteurs.*
NAVIRES. — *Voir Circuits de retour.*
ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES (sur la propagation des) dans la glace et sur le pouvoir diélectrique de cette substance. — *Blondlot*..... 466
ONDES ÉLECTRIQUES dans les fils de fer (changement de la période des). — *Trowbridge*..... 663
ORAGES. — *Voir Téléphoniques (fils).*
OSCILLATIONS électriques de Hertz (sur la réflexion et la résonance des), éclaircissement des expériences de Magenbac-Zehnder. — *Birkeland*..... 471
— de petites longueurs d'onde et sur leur réflexion sur les métaux. — *De Righi*..... 34
OSCILLATIONS HERTZIENNES (sur la résonance des). — *Zehnder*..... 35
OZONE (sur les applications de l'). — *O. Frœlich*..... 500

P

PARAFOUDRE pour circuits téléphoniques *Engelmann*..... 269
— *Gibboney*..... 369
— *Mallendorff*..... 174
— 93
PERTURBATIONS ÉLECTRIQUES (sur la propagation des). *J. Blondin*..... 16 118
PÉTROLE. — *Voir Chaudières, Chaufferies.*
PHOSPHORESCENCE. — *Voir Lampes.*
PHOTOGRAPHIE ÉLECTRIQUE (quelques expériences de). — *Sandford (Fernand)*..... 665
PHOTOMÉTRIE. — *Voir Pupillométrie :*
PILE ROTATIVE. — *Dubers*..... 421
PILE. — *Hervett*..... 132
PILE CLARK (la) en circuit fermé. — *Skinner.* 176
PILE PORTATIVE. — *Hoggson*..... 369
PILE DE POCHE..... 480
PLATINE (le) et ses métaux à l'Exposition d'Anvers. — *Andreoli*..... 251
PLATINE (condensation des gaz par les métaux de la famille du). — *Colarceau et Cailletet*..... 372
POLARISATION. — *Voir Électrolyse. Résistance* d'une cloison métallique mince

Digitized by Google

placée dans un voltamètre (étude de la). —*Daniel John*..... 519 522
Pole Nord. — (expédition Langley au)..... 381
Pont de Wheastone (sur une proposition analogue au). — *Price*..... 41
Pont tournant électrique à Kœnigsberg... 384
Préparation du magnésium et du lithium (appareil pour la). — *Borchers*.... 602
Prix Giffard pour 1896..... 47
Prix (le) de l'énergie électrique à Aix-la-Chapelle..... 575
Projecteurs de lumière électrique (du pouvoir éclairant des). — *Tchikoleff et Turin*..... 1, 63, 104, 161
Projecteurs de lumière électrique (du pouvoir éclairant des). — *Tchikoleff, Klasson et Turin*..... 577
— dans la marine (emploi des)..... 46 545
Propulseur électpique (un gouvernail). — *F. Guilbert*..... 446
Propulsion électrique des bateaux (ligne flottante pour la). — *Siemens et Halske*..... 132
Pupillométrie et photométrie. — *Ch. Henry*..... 337 539
Pyromètre à compensation électrique *Knut Angstroein*..... 93

R S

Raboteuse Electrique. — *Hughes*..... 198
Raffinage (appareil pour le) de l'argent et d'autres métaux, House, House et Symon.....
Rayons cathodiques (sur la nature des). — *Blondin*..... 440
— (action des) sur la couleur de certains sels. — *Goldstein*..... 669
Rayons de force électrique (recherches sur les) ; production objective facile de ces rayons. — *Zehnder* 560 672
Réflexion. — *Voir oscillations*.
Régularisation. — *Waterhouse*..... 201
Rendement de moteurs et de dynamos sans emploi d'un frein dynamométrique (détermination du). — *Lenz*..... 124
Résistance (variations de la) et de la polarisation électrique des dissolutions aqueuses avec la pression. — *Piesch* 139
Résonance et interférence électriques. — *Trowbridge*..... 283
— *Voir oscillations*.
Résonnateurs acoustiques (emploi des).... 239
Schampooing électrique..... 526
Self-induction. — *Voir Induction*.
Séparation magnétique du fer dans le minerai de zinc. — *Ferrares*..... 648
Sirène Electrique. — *Kummer*..... 154
Société Electrochimique de Berlin (la première réunion de la). — *P. H. Ledeboer*..... 450 500
— française de Physique..... 372
— industrielle de Mulhouse..... 573
— internationale des Electriciens. 423 608
Soudure à l'arc. — *Coffin*..... 61
— électrique. — *Dobson*..... 56
— — *Hunter*..... 60
— — *Lemp*..... 61
— — *Lemp et Anderson*..... 59
— — *G. Rickard*..... 56
Soudure électrique (procédé Bénardos) *Richter*..... 173
Soupapes actionnées électriquement—*Berg*. 646
Sous-marin. — *Voir Câble, Chercheur, Télégraphie*.
Sous-produit. — *Voir Utilisation*.
Spectre. — *Voir Décharge*.
Station centrale d'éclairage en électrique Amérique..... 46
— — de Calais..... 552
— — de New-York. 142
— — de Worcester. 527
— — (statistique des) 623
Surcompoundage. — *Voir Dynamos*.
Système décimal en Angleterre..... 526

T

Tannage électrique..... 238
Télégraphie sous-marine. — Appareil *Terrin-Marcillac*..... 385 482
— sans ligne métallique. — *Rathenau*.. 462
— en Afrique..... 334 624
— et téléphonie dans les Pays Bas..... 527
Télégraphiques (taxes)..... 334
Téléphones et appareils Morse (circuits communs pour) — *Christiani*..... 265

Digitized by Google

Téléphone magnéto-électrique. — *Frank*.. 81
— (essai d'une théorie quantitative du) — *Lord Rayleigh*..... 228
— *Western Electric C°*..... 368
— en Alsace..... 672
— en Autriche..... 672
— aux Indes..... 527
— à Vienne..... 143
Téléphonie interurbaine en France, 48, 576. 622, 669
— — en Hongrie..... 240
— — en Allemagne..... 671
Téléphoniques (communications) avec les phares d'Angelsea..... 432
Téléphonique (bureau central) de Londres. 574
Téléphone (le) et les élections à Chicago... 670
— et la contagion des maladies.. 141 432
Téléphoniques (les fils) et les orages..... 93
Téléphone. — *Voir courant*.
Téléphonique. — *Voir parafoudre*.
Téléphoniques (lignes) aériennes sans induction. — *Hintermayr*..... 91
— (circuits) avec piles au bureau central. — *Morino*..... 167
Telluriques. — *Voir courants*.
Température. — *Voir Magnétisme-conductibilité arc, diapasons*.
Théatre (L'électricité au) en Amérique.... 335
Thermo-électriques (Expérience de démonstration des courants). — *Gnillaume*..... 373
— (sur les éléments constitués par un métal et une dissolution saline). — *Hagenbach*..... 518
— (pouvoir) des alliages de bismuth et d'antimoine. — *Hutchins*..... 328
— *Voir électrolytes*.
Touage électromagnétique. — *de Bovet*.... 574
Torpilleur en aluminium. — *Yarrow*..... 429
— électrique..... 527
Traction électrique (application de la) dans les égouts de Paris. — *Brunswich*..... 97
— (historique de la). — *Egger*..... 142
— — 189
Traction (Efforts de). — *G. Pellissier*..... 597
Traction électrique sur fortes rampes. — *Reyval*..... 641
— à Chicago..... 204
Trains électriques entre New-York et Washington..... 141
Trains (éclairage électrique des) en Allemagne..... 575
— — 479
— — *Léonard*..... 478
— (protection des) sur les voies ferrées. 49
— — 576
Tramways à air comprimé..... 94 479
Tramways électriques (calcul des lignes aériennes de). — *Dierman*..... 409
— (emploi des dynamomoteurs sur les circuits de). — *Vail et WynKoop*.. 514
— (notes sur les) aux Etats-Unis et au Canada. — *Wilkinson*....557, 603 651
— Système Claret et Wuilleumier. — *Wuilleumier*..... 610
— en Allemagne..... 575
— en Amérique..... 573
— à Belgrade..... 384
— au Caire..... 574
— à Chemnitz..... 480
— à Dijon..... 574
— en Europe..... 621
— — *Parsonns*..... 477
— sur la Neva..... 526
— entre New-York et Philadelphie.... 47
— à accumulateurs à Berlin..... 334
— — à Chicago..... 288
— à canalisation souterraine, à Washington..... 381
— de luxe..... 526
— (éclairage des), à Glascow..... 238
— et le transport des blessés, à St-Louis 336
— et le transport des maisons, en Amérique..... 335
— (le plus petit) du monde..... 28
— (tarif des), en Amérique..... 477
— (actions électrolytiques des canalisations de)..... 189
Transformateur. — *Moody*..... 204
— *Elihu Thomson*..... 203
— *Voir Distribution*.
Transmetteur automatique des ordres de route. — *Bersier*..... 371
Transmission électrique de l'heure, en Amérique. — *G. Pellissier*... 423, 433 532
Transmission à périodes variables. — *Elihu Thomson*..... 302
— à grande distance. — *Herrick*..... 306

Digitized by Google

TRANSMISSION électrique de l'énergie par courants diphasés, à Decize.... 77
— d'énergie de Lanchershal à Sigmaringen..... 131
TRANSMISSION TÉLÉGRAPHIQUE. — *Voir Câble.*
— électrique à grande distance en Californie..... 192
— de la force motrice dans une mine d'or, en Autriche..... 672
— *Voir Distribution.*
TRANSPORT de force et d'éclairage par courants polyphasés aux ateliers de la Société Weyher et Richemond. — *P. Boucherot*..... 608
TRIEUSE ÉLECTRIQUE. — *Héberlé*..... 159
— *Sautter Harlé*..... 159
TROTTOIRS MOUVANTS à Paris 621

U

UNITÉS ÉLECTRIQUES du *Board of Trade*..... 189
UNIVERSITÉS AMÉRICAINES..... 190
UTILISATION ÉLECTRIQUE immédiate du charbon dans une mine, en Allemagne. 575
— des eaux du lac d'Ammon, Italie.... 288
— des chûtes de la rivière Gabriel, en Espagne..... 288
— des eaux du lac Golna 480
— — du Lot. à Capdenac..... 382
— des chûtes du Niagara..... 336
— des forces motrices du Rhône, à Genève..... 239
— — à Lyon..... 432
— de la chute d'eau de Trollhattan..... 238
— des sous-produits des piles Leclanché..... 384

V — W

VAPORISATION DU CARBONE. — *Moissan*..... 465
VASES POREUX (fabrication des). — *Riquelle.* 624
VENTILATEUR pour armatures de dynamos. — *Pœschmann*..... 322
VIS ET ÉCROUS (unification des)..... 94
VOITURES AUTOMOBILES électriques. — *Reyval* 454 538
VOITURES MÉCANIQUES..... 430
VOLTMÈTRE à grande échelle. — *Lord Kelvin*. 270
— apériodique — *Knowles*..... 270
WIMSHURST (théorie de la machine de) — *Schaffers*..... 427

Digitized by Google

TABLE PAR NOMS D'AUTEURS

A

Accident (1) dû à l'Electricité.... 335, 336 624
Accumulateurs pour l'éclairage et la traction 527
Accumulateurs (accouplement des)..... 431
Acier des canons (propriétés magnétiques de l')..... 669
Action destructive des courants électriques sur les conduites métalliques souterraines..... 78
Action des courants alternatifs sur les lignes télégraphiques et téléphoniques..... 288
Action des auroros boréales sur les lignes téléphoniques..... 480
— de la foudre sur les poteaux télégraphiques..... 623
ADIE (A.-M°). — Quelques éclairs remarquables..... 277
Affinage et fonderie de l'argent aurifère.. 191
— électrolytique du cuivre à Anaconda. 624
Agriculture (application de l'électricité à). 670
American Association for the advancement of science..... 275
American Range Finder C°. — Pointage électrique des canons..... 587
ANDERSON. — *Voir Lems et Anderson*
ANDRÉOLI (E.) — Le platine et ses métaux à l'Exposition d'Anvers..... 251
ANDRÉOLI (E,) — Extraction de l'or par le cyanure..... 353, 591 637
ANDRIEU. — Utilisation des eaux du Lot, à Capdenac..... 382
ANIZAN (J.). — Le Microphone Mercadier et Anizan..... 677
APPLEYARD (ROLLO). — Sur les diélectriques, 570
ARNU (R.). — Méthode pour annuler les effets de l'inductance dans les circuits parcourus par des courants alternatifs..... 537
Arts et Métiers. — Cours d'Electricité..... 431
Ascenseurs électriques..... 576
Association Britannique..... 381
AUER. — Bec de gaz à incandescence..... 381
AUSTIN (LOUIS-W.). — Effet d'un abaissement considérable de température sur le magnétisme..... 667
Avertisseurs électriques d'incendie, à Chicago..... 47

(1) *N.-B.* — Les articles anonymes sont classés d'après leur titre.

B

BAGARD (H.). — Sur les forces électromotrices thermoélectriques entre deux électrolytes et le transport électrique de la chaleur dans les électrolytes..... 376
BALLANTYNE. — *Voir Bedell, Ballantyne et Williamson*.
BARBIER. — Préparation de la matière active pour accumulateurs..... 657
BARTOLI (A.). — Influence de la température

Digitized by Google

sur la conductibilité électrique des éthers composés..... 326
BANISTER. — *Voir Ormsby et Banister*
BAUER (I.-A.). — Une extension de la théorie de Gauss sur le magnétisme terrestre..... 274
BAUM. — Filaments à incandescence..... 175
BEDELL BALLANTYNE ET WILLIAMSON. — Condensateurs..... 45
BELL. — Mise en train..... 304
— Moteur triphasé..... 306
BENEDETTI. — Eclairage électrique de Naples. 382
BERG (E.). — Soupapes actionnées électriquement..... 646
BERSCH (W.). — Le procédé Schollmayer pour l'électrolyse des jus sucrés.. 575
BERSIER (H.) — Transmetteur automatique des ordres de route..... 371
BERTRAM ET JOHNSTONE. — Commutateur. .. 204
BERTHELOT. — Remarques sur les limites de l'électrolyse..... 374
BIRKELAND. — Sur la réflexion et la résonnance des oscillations électriques de Hertz. Eclaircissement des expériences de Hagenbach et Zehnder 471
BLONDEL (A.). — Remarques sur la méthode électrochimique d'inscription des courants alternatifs..... 83
— Inductance des lignes aériennes pour courants alternatifs.. 241, 312, 393 493
BLONDIN (I.). — La propagation des perturbations électriques..... 16 118
— Contribution à l'étude de la physique mathéthématique, par Carl Neumann (Bibl.)..... 668
— La nature des rayons cathodiques... 440
— Mesure des résistances électriques, W.-A. Price (Bibl.)..... 523
BLONDLOT (R.). — Sur la propagation des ondes électro magnétiques dans la glace et sur le pouvoir diélectrique de cette substance..... 466
BLOT. — Accumulateur..... 82
BOLTON. — Perfectionnement dans les lampes à incandescence..... 505
BORCHERS (W.). — Expériences en vue d'utiliser l'énergie chimique du charbon sous forme d'électricité..... 451
— Appareil pour la préparation du magnésium et du lithium..... 602
BOUCHEROT (P.). — Transport de force et d'éclairage par courants polyphasés aux ateliers de la Société des Etablissements Weyher et Richemond 608
Bouée de sauvetage électrique..... 383
BOUSSAC (A.). — Construction des lignes électriques aériennes (Bibl.)..... 140
BOVET (DE). — Touage électro-magnétique. 574
BRACKETT (S.-H.) — Quelques caractéristiques magnétiques de l'iridium... 276
BRADLEY. — Dynamos à haute tension..... 299
BROWN (C.-E.-L.). — Chemin de fer électrique monorail..... 576
BRUNSWICH (E.-J.). — Application de la traction électrique dans les égoûts de Paris..... 97
— Excursion en Belgique et à l'Exposition d'Anvers..... 289 402
BRYAN. (G.-H.) — Sur l'induction électromagnétique dans des nappes de courant planes, cylindriques et sphériques et sa représentation par un cortège d'images en mouvement..... 180
BURTON. — *Voir Crompton et Burton.*

C

Câbles sous marins..... 143, 144, 192 477
— (construction des)..... 239
— (fusion des Compagnies de)... 285 431
CAILLETET — *Voir Calardeau et Cailletet.*
CALDWELL. — Electrolyseur..... 658
CAMPBELL. — Sur la recherche des défauts dans un fil enroulé sur une bobine conductrice..... 80
CAMPETTI (ADOLPHO). — Sur la détermination des constantes diélectriques au moyen des oscillations rapides.... 88
Canalisations électriques..... 141, 143 189
— et les tempêtes..... 672
CANET ET HILLAIRET. — Controleur électrique..... 585
Canots électriques..... 527
Carborundum (fabrication du)..... 525
CARDEW (P.). — Sur la possibilité de dériver d'un réseau à courants alternatifs à la terre sur un courant de sens invariable..... 267
CARHART (HENRY). — Influence du milieu ambiant sur la conductibilité du cuivre. 693

Digitized by Google

CHAPLET. — Four électrique..... 603
Charbons à arc (durée de combustion des). 335
Chasse à l'électricité..... 287
CHATTOCK (A.-P.) ET FAWCETT (F.-B.) — Sur l'énergie de la molécule d'ampère 695 698
Chauffage électrique des trains de chemin de fer du Mont-Salève..... 382
Chauffage électrique..... 701
Chaufferies au pétrole, de l'Exposition de Chicago..... 553
Chemin de fer électrique (le plus petit)..... 335
— à Berlin..... 527
CHRISTIANI (W.). — Circuits communs pour téléphones et appareils Morse.... 265
CHURCH. — Meule électrique..... 156
CLAUDE (G.). — La protection des trains sur les voies ferrées..... 49
— A propos de la suppression du fil intermédiaire dans les distributions à trois fils..... 160
COFFIN. — Soudure à l'arc..... 61
COLARDEAU ET CAILLETET. — Condensation des gaz par les métaux de la famille du platine..... 372
COLEMAN-SELLERS. — Montage des dynamos à axe vertical..... 300
Commutateur (le plus grand)..... 335
Compagnie Continentale. — Compteur.... 263
COMPÈRE (CH.). — Quantité d'eau nécessaire à la condensation..... 465
COUDRES (TH. DES). — Variation avec le temps des éléments à amalgames en circuits fermés..... 424
CROMPTON ET BURTON. — Dynamo..... 301
CROVA (H.). — Sur le degré d'incandescence des lampes..... 474
CUDEY ET VACHERIE. — Casse-fils électriques 589
CURIE (P.). — Sur la symétrie du champ magnétique et du champ électrique 627

D

DAHL. — Alternomoteur bipolaire..... 203
DAMPIER-WHETAM (W.-B.). — Sur les vitesses des ions et le pouvoir d'ionisation des dissolvants..... 515
DANIEL (JOHN). — Etude de la polarisation d'une cloison métallique mince placée dans un voltamètre... 519 522
DEARLOVE (A.). — Le nouveau câble transatlantique de l'Anglo American Telegrah C° 364
DÉGUISE (B.). — Sur l'existence d'une anomalie dans la conductibilité des solutions salines à 4° C..... 428
DELANY (P.B.). — Expériences sur la tarnsmission télégraphique par câble .. 690
DESROZIERS (E). — Sur un équilibreur électromagnétique..... 285
DEWAR. — *Voir Liveing et Dewar.*
Démarrage des moteurs électriques..... 526
Dictionnaire pratique de mécanique et d'électricité 476
DIERMAN (W.). — Calcul des lignes aériennes de tramways électriques..... 409
Distribution de la force motrice dans une imprimerie, à Francfort..... 384
DOBSON (B.-A.). — Soudure électrique.... 56
DUBERS. — Pile rotative..... 421
DUDGEON. — Câble de sûreté..... 159
Dynamo et lampe pour bicyclette..... 513

E

EBERT (H.). — La chaleur de dissociation, d'après la théorie électrochimique. 277
ECK (N). — L'éclairage électrique à l'Exposition de Lyon..... 333
Eclairage électrique à Berlin..... 381 624
— — au Cap..... 96
— — au Japon..... 239
— — à Moret..... 141
— — à Paris..... 192
— — à Rome..... 336
— — en Suisse..... 432
— — à Vienne 432
— — dans une église..... 480
— — et les incendies..... 95
Eclairage indirect par lampe à arc..... 240
Ecole d'application du Laboratoire central d'électricité 423 429
EGGER (E.). — Historique de la traction électrique..... 142
Electricité en Allemagne..... 336, 576 623
— au port de Copenhague..... 669
— en Italie..... 526
— en Orient..... 575
— dans la marine..... 381
— médicale..... 384
— au théatre, en Amérique..... 335
Electrocution..... 525
ELSTER (I) ET GEITEL (H.). — Sur la relation

Digitized by Google

entre le courant photo-électrique et la position du plan de polarisation de la lumière existante, par rapport à la surface de la cathode. 134
ENGELMAN. — Parafoudre pour circuits téléphoniques 269
Enseignement industriel aux Etats-Unis.... 25
Epilation électrique 623
ERBEU. — Dynamo multipolaire..... 301
Exposition d'Anvers (1894)..... 381
— de Berlin (1896)..... 525
— de Bordeaux (1895)..... 336
— du Cycle (1894)..... 622
— de Budapesth, de Gratz, de Prague (1894) 93
— de Lyon (1894)..... 333
— de Paris (1900)..... 286
Extraction de l'Etain..... 141

F

FAY. — Distribution à trois fils..... 307
FAWCETT (F.B.). — *Voir Chattocket Fawcett.*
Femmes (emploi des) dans l'industrie)..... 95
FERRANTI (DE). — Isolateur pour hautes tension..... 133
FERRARES (E.). — Séparation magnétique du fer dans le minerai de zinc..... 648
FESSENDEN-RÉGINALD (A.). — Note sur la mesure des capacités inductives spécifiques de l'eau, l'alcool, etc... 666
Fiacres électriques, à Chicago..... 240
FISCHER-HINNEN (J.). — Solution graphique de quelques problèmes pratiques relatifs aux dynamos à courant continu 72, 126, 169
FLEEMING. — Arcs alternatifs et arcs continus 550
FONVIELLE (W. DE). — Observations relatives à trois coups de foudre..... 212
FRANK. — Téléphone magnéto-électrique.. 81
FRITH (J.). — Courbe de force électromotrice de l'intensité de courants d'un alternomoteur..... 506
FRŒLICH (O). — Sur les applications de l'ozone..... 500
FROMM (L.). — *Voir Graetz (L.) et Fromm (L.)*
FULMEN. — Accumulateurs..... 82

G

GEITEL (H.). — *Voir Elster (J.) et Geitel.*
Génératrices de grandes dimensions..... 47
GIBBONEY. — Parafoudre..... 369
GOLDSTEIN. — Actions des rayons cathodiques sur la couleur de certains sels..... 669
GRAETZ (L.) ET FROMM (L.). — Sur le mouvement des corps diélectriques dans un champ électrostatique homogène..... 38
GROTHIAN (O.). — Magnétisme des cylindres de fer creux et pleins..... 567, 612
GRUNSTON. — *Voir Siemens et Grunston.*
GUGLIELMO. — Electromètre absolu..... 623
GUILBERT (F.). — La diffusion et la distribution de la lumière par les appareils holophanes..... 308
— Guide pratique d'électricité industrielle, par MM. Dumont et Baignères (Bibl.)..... 330
— Electricité pratique, par M. Callon (Bibl.)..... 331
— La traction électrique, par M. Martinez (Bibl.)..... 332
— Un gouvernail propulseur électrique. 446
GUILLAUME (C.-E.). — Expériences de démonstration des courants thermo-électriques..... 373
— Accouplement élastique des moteurs à gaz..... 610
GUYE (EUG.). — Sur la moyenne distance géométrique des éléments d'un ensemble de surface et son application au calcul des coefficients d'induction..... 31
— Coefficient de self-induction de 3 fils parallèles égaux et équidistants, dont les sections sont réparties sur une circonférence..... 33
— Influence des armatures sur les phénomènes d'induction dans les câbles 193
GUYER-ZELLER. — Chemin de fer électrique de la Jungfrau..... 477

H

HAGENBACH (A.). — Sur les éléments thermo-électriques constitués par un métal et une dissolution saline.... 518

Digitized by Google

HALE. — Les taches du soleil et le magnétisme terrestre..... 144
HARDTMUTH. — Manchon protecteur pour charbons de lampes à arc..... 551
HARLÉ. — *Voir Sautter-Harle.*
HARRIS. — *Voir Pyke et Harris.*
HÉBERLÉ. — Trieuse électrique..... 159
HEIM. — Sur une source de courant pour l'analyse électrolytique..... 505
HELMHOLTZ (H. VON). — Mort de..... 45
— Conséquences de la théorie de Maxwell relativement au mouvement de l'éther pur..... 136
HENRY (CH.). — Pupillomètrie et photométrie..... 337 529
HERMITE. — L'assainissement des maisons par l'électricité..... 644
HERRICK. — Distribution à grande distance 306
HERVETT. — Pile..... 132
HILLAIRET. — *Voir Canet et Hillairet*.....
HIMSTEDT (F.). — Sur quelques recherches avec les courants de Tesla..... 379
HINSTIN (J.). — Nouveau fumivore..... 29
HINTERMAYR. — Lignes téléphoniques aériennes sans induction..... 91
HODGES. — La foudre considérée comme un cas de déperdition de l'énergie.... 276
HOGGSON. — Pile portative..... 369
HOLLERITH. — Machine à compter..... 45
HOPE. — Boussole électrique..... 152
HOPKINSON (JOHN). — Les mathématiques dans l'art de l'ingénieur.... 183, 231
HOUSE, HOUSE ET SYMON, — Appareil pour le raffinage de l'argent et d'autres métaux..... 693
HUGHES. — Raboteuse électrique..... 198
HUNTER. — Soudure électrique..... 60
HUTCHINS (C. C.). — Pouvoir thermométrique des alliages de bismuth et d'antimoine..... 328

I J K

IMHOFFE (O. L.). — Nouveau système de distribution par courants alternatifs. 688
Industrie Electrique aux Etats-Unis et en France..... 96
— en France..... 528, 621, 671
Industrie Minérale..... 23
Installations électriques (Contrôle des).... 141
Institution royale de Londres..... 95
JACQUIN (CH.).— L'électricité à l'Exposition de Lyon..... 10, 112, 205, 255 344
JAHR. — *Voir Schoeller et Jahr*
JOHNSTONE. — *Voir Bertram et Johnstone.*
JOHNSTONE (STONEY G.). — Sur l'électron ou atome d'électricité..... 517
Jouet électrique..... 701
Journal allemand sur l'Industrie de l'Eclairage..... 622
KELLNER. — Blanchiment électrique..... 692
MERCADIER. — *Voir Anizan*
KELVIN (LORD). — Voltmètre à grande échelle..... 270
KELVIN (LORD) ET MACLEAN (MAGNUS). — Sur l'électrisation de l'air..... 568
KINGDON — Pare-étincelles..... 201
KIRNAN. — Appel d'incendie..... 157
KLASSON (R.). — Pouvoir éclairant des projecteurs de la lumière électrique.. 577
KLEMENIC. — Sur la magnétisation circulaire des fils de fer..... 322
KNOWLES. — Voltmètre apériodique..... 270
— Ampèremètre..... 370
KNUT ANGSTROEM. — Pyromètre à compensation électrique..... 93
KUMMER. — Sirène électrique..... 154
KURLBAUM (F.). — *Voir Lummer (O.) et Kurlbaum (F.)*

L

LAMME. — Distribution par transformateurs..... 307
Lampes électriques. — Extinction due à des anguilles..... 526
— (Phosphorescence des)..... 525
LANGLEY. — Expédition au pôle Nord..... 381
LECHER (E.). — Etude sur l'induction unipolaire..... 323
LE CLÉMENT DE SAINT-MARC. — Ballon captif dirigeable..... 45
LEDEBOER (P.-H). — Première réunion de la Société électrochimique de Berlin..... 450 500
LEE. — Dynamomoteurs..... 305
LEMP. — Soudure électrique..... 61
LEMP ET ANDERSON. — Soudure électrique.. 59
LENZ (C.). — Détermination du rendement de moteurs et de dynamos sans emploi d'un frein dynamométrique 124
LÉONARD — Eclairage électrique des trains 478
LEROY. — Circuits de retour isolés et retour par la masse, à bord des navires en

Digitized by Google

fer..... 75
Lippmann. — Argenture du verre par les procédés Lumière..... 373
Liveing et Dewar. — Note préliminaire sur le spectre de la décharge électrique dans l'oxygène de l'air et l'azote liquides..... 613
Locomotive électrique..... 576
Lombard. — Métier électrique..... 158
Lummer (O.), et Kurlbaum (F.). — La recherche d'un étalon de lumière... 511
Lussana (Silvio). — Sur l'existence d'une anomalie de la conductibilité des dissolutions salines à 4° C..... 662

M N O

Macevoy. — Le chercheur sous-marin.... 669
Maclean (Magnus). — *Voir Kelvin (lord), et Maclean.*
Marcillac (P.). — La télégraphie sous-marine, appareil Terrin..... 385 482
Maréchal. — Actinométrie électrochimique 423
Margot. — Adhérence de l'aluminium au verre..... 285
Martin (H.), et Palmer (W.-H.). — Apareil simple pour la reproduction des effets Tesla..... 281
Martini (Tito). — Sur quelques phénomènes d'électrolyse et de polarisation..... 280
Mason. — Fusée..... 133
Maxwell. — (Conséquences de la théorie de), relativement au mouvement de l'éther pur..... 136
Méchinel (A.). — Utilisation des sous-produits des piles Leclanché..... 384
Merino (R.). — Circuits téléphoniques avec piles au bureau central..... 167
Minchin (G.-M.). — Calcul du champ magnétique d'un courant circulant dans une bobine cylindrique..... 558
— Calcul du coefficient de self-induction d'un courant circulaire d'ouverture et de section droite données..... 615
Moissan. — Vaporisation du carbone..... 465
Monmerqué (A.) — Les canalisations électriques à Paris..... 625
Moody. — Transformateur..... 204
Mortara (Eugenio). — Sur l'équilibre des liquides magnétiques..... 84
Moteurs électriques en Suisse..... 288
— dans les sucreries..... 526
Moteurs à gaz pauvres..... 317 418
Mullendorff (E.). — Parafoudre..... 174
Nerz. — Eclairage par lampes à arc dans les espaces fermés..... 457
Nicolaieff (de). — Sur deux méthodes pour l'étude des courants dans les circuits ouverts et des courants de déplacement dans les diélectriques et les électrolytes..... 223
Noyes (Mary C.). — Influence de la chaleur et de l'électricité sur le module de Young d'une corde de piano..... 275
Oerlikon. — Moteur à courants alternatifs. 175
Offrell. — Alternomoteur..... 305
Oppermann. — Amalgamation du zinc des piles..... 239
Ormsby et Banister. — Manœuvre électrique des canons..... 587
Ossvald (W.). — Biographie de I.-W. Ritter 450

P

Pabst (B.). — Électricité agricole (Bibl.).. 140
Palmer (W.-H.). — *Voir Martin (H.-M.), et Palmer.*
Palmieri (L.). — Etude des courants telluriques..... 145
Parafoudres..... 93
Parsonns. — Les tramways électriques en Europe..... 477
Payen (Clément). — Accumulateurs..... 288
Pease (I.). — Balais mobiles..... 197
Pellissier (G.). — La Transmission électrique de l'heure en Amérique. 423, 433 532
— Les efforts de traction..... 597
— L'Ecole d'application du Laboratoire central d'électricité, à Paris..... 595
Pérot (A.). — Sur le pouvoir diélectrique de la glace..... 468
Perry (John). — Protection magnétique par un cylindre de fer creux..... 179
Piesh (Bruno). — Variations de la résistance et de la polarisation électri-

Digitized by Google

ques des dissolutions aqueuses avec la pression..... 139
Pile de poche..... 480
PŒSCHMANN. — Ventilateur pour armatures de dynamos..... 322
Pont tournant électrique, à Kœnigsberg... 384
Préparation électrolytique de la potasse, de la soude et du chlore..... 191
PRICE (A.-N.). — Sur une proposition analogue au pont de Wheastone..... 41
— Les alliages employés pour la construction des étalons de résistance. 42
Prix Giffard, pour 1896..... 47
Prix, de l'énergie électrique à Aix-la-Cha-Chapelle..... 575
Projecteurs, de lumière électrique (Emploi des), dans la marine..... 46 575
PYKE ET HARRIS. — Dynamo multipolaire.. 199

Q R

QUEEN ET C°. — Etalons de résistance..... 168
RASCH. — L'Eclairage électrique en Allemagne..... 622
RATHENAU (E.). — Télégraphie sans ligne métallique..... 462
RAVEAU (B.). — Henri Hertz..... 615
RAYLEIGH (LORD). — Sur le courant minimum perceptible dans le téléphone. 224
— Essai d'une théorie quantitative du téléphone..... 228
REED. — Ampèremètre..... 369
REIFF. — La propagation de la lumière dans les milieux en mouvement, d'après la théorie électromagnétique de la lumière..... 323
Régulation des moteurs à vapeur pour l'éclairage électrique..... 320
Résonnateurs acoustiques (emploi des)... 239
REYVAL (J.). — Les voitures automobiles électriques..... 454 538
— Traction électrique sur les fortes rampes..... 641
RICHARD (G.). — La soudure électrique.... 56
— Applications mécaniques de l'Electricité..... 151 585
— Détails de construction des machines dynamos..... 197 299
RICHTER (CARL). — Sur le procédé Bernardos, de soudure électrique..... 173
RIGHI (DE). — Sur les oscillations électriques de petites longueurs d'onde et sur leur réflexion sur les métaux..... 34
RIQUELLE. — Fabrication des vases poreux. 624
ROBERTS (E.-P.). — Surcompoundage des dynamos..... 384
ROLLESON (C.-J.). — Méthode phonographique pour l'inscription des courbes des courants alternatifs..... 276
ROESSLER (G.), ET WEDDING (G). — Sur les courbes de la force électromotrice et du courant des différents types d'alternateurs et leur influence sur la puissance lumineuse des lampes à arc..... 216 361

S

SAHULKA (J.). — Recherches nouvelles sur l'arc électrique..... 474
SANDFORD (FERNANDO). — Quelques expériences de photographie électrique. 665
SAUTTER-HARLÉ. — Trieuse électrique..... 159
SAYERS (H.-M.). — Préparation de la solution pour accumulateurs..... 172
SCHAFFERS (P.-V.). — Sur la théorie de la machine de Wimshurst..... 427
Schampooing électrique..... 526
SCHOELLER ET JARH. — Armature d'électro-aimant à attraction constante 420
SCHUSTER (ARTHUR). — Sur la construction des galvanomètres sensibles..... 421
SHEARER. — Effets de la température et de la mise en mouvement électrique sur la période des diapasons..... 696
SHELDON (SAM.). — Sur un effet calorifique de la vitesse de migration des ions de l'hydrogène..... 275
SIEMENS BROTHERS. — Distribution de la force motrice dans les ateliers.... 383
SIEMENS ET GRUNSTON. — Commutateur à mercure..... 134
SIEMENS ET HALSKE. — Ligne flottante pour production électrique des bateaux. 132
— Distribution de la force motrice dans un atelier de tissage..... 381
— (Incendie des ateliers de la maison) à Chicago..... 480
SKINNER (S.). — La pile Clarck en circuit fermé..... 176

Digitized by Google

Société Française de Physique..... 372
Société Industrielle de Mulhouse..... 573
Société Internationale des Electriciens. 423 608
SNOW (B.-N.). — Sur la vitesse des particules dans l'arc électrique..... 275
STANLEY. — Moteurs à courants alternatifs. 305
Stations centrales d'éclairage électrique, en Amérique..... 46
Station centrale de Calais..... 552
— de New-York..... 142
— de Worcester..... 527
— (statistique des)..... 623
STREHL (KARL). — Théorie de la lunette astronomique basée sur la diffraction (Bibl.)..... 44
SYMON *Voir House, House et Symon*.....
Système décimal en Angleterre..... 526

T

Tannage électrique..... 238
TAULEIGNE (A.). — Accumulateur..... 335
TCHIKOLEFF (V.) ET TURIN (W.). — Du pouvoir éclairant des projecteurs de lumière électrique. 1, 63, 104, 161 577
Télégraphie en Afrique..... 334 624
Télégraphie et téléphonie dans les Pays-Bas 527
Taxes télégraphiques..... 334
Téléphones (bureau central des), à Londres. 574
Téléphone (*le*) en Alsace..... 672
— en Autriche..... 672
— aux Indes..... 527
Téléphonie interurbaine, en France. 48, 576, 622 669
— en Hongrie..... 210
Téléphone (*le*) à Vienne..... 143
— entre Vienne et Berlin..... 671
— et les élections, à Chicago..... 670
— et la contagion des maladies... 141 432
Téléphoniques (communications) avec les phares d'Angelsea..... 432
Téléphoniques (*les fils*) et les orages..... 93
TESLA. — (appareil simple pour la reproduction des effets de)..... 281
— (sur quelques recherches avec les courants de)..... 379
THOMSON (ELIHU). — Transformateur..... 203
— Transmission à périodes valables... 302
— Compteur..... 420
THOMSON (J.-J.). — Sur l'Electricité des gouttes..... 564
—. Note sur le mémoire de M. Richard Threlfall..... 661
THOMPSON (S.). — Câbles sous-marins..... 223
— Quelques avantages des courants alternatifs..... 271 358
THRELFALL (RICHARD). — Sur la dispersion de la lumière par les particules métalliques..... 659
THORNYCROFT (JOHN-J.). — Influence de la circulation sur la puissance d'évaporation de la chaudière à bouilleurs..... 264
TOBLER (Dr A). — Sur la mesure des coefficients de self-induction..... 468
Torpilleur électrique..... 527
Traction électrique à Chicago..... 240
— (historique de la)..... 189
Trains électriques entre New-York et Washington..... 141
Trains (éclairage électrique des).... 479 575
— (protection des)..... 576
Tramways à air comprimé..... 94 479
Tramways électriques en Allemagne..... 575
— en Amérique..... 573
— à Belgrade..... 384
— à accumulateurs à Berlin..... 334
— au Caire..... 574
— à Chemnitz..... 480
— à accumulateurs à Chicago..... 288
— à Dijon..... 574
— en Europe..... 621
— sur la Néva..... 526
— entre New-York et Philadelphie.... 47
— à canalisation souterraine de Washington..... 381
— de Luxe..... 526
— (éclairage des) à Glascow..... 238
— et le transport des maisons..... 335
— et le transport des blessés..... 336
— (le plus petit)..... 28
— (tarif en Amérique)..... 477
Transmission électrique de l'énergie par courants diphasés, à Decize..... 77
Transmission électrique d'énergie de Laucherthal à Sigmaringen..... 131
Transmission électrique à longue distance en Californie..... 192
Transmission de la force motrice dans une mine d'or, en Autriche..... 672

Digitized by Google

TROWBRIDGE (JOHN). — Résonance et interférence électriques..... 283
— Changement de la période des ondes électriques dans les lignes de fer.. 663
Trottoirs mouvants à Paris..... 621
TURIN (W.). — *Voir Tchikoleff (V.) et Turin (W.)*
TYER. — Contact..... 271

U V

Unités électriques du Board of Trade..... 189
Universités américaines..... 190
Utilisation des eaux du lac d'Amman (Italie) 288
— de la rivière Gabriel, en Espagne... 288
— des eaux du lac Golma..... 480
— des chûtes du Niagara..... 336
— des forces motrices du Rhône (Genève)..... 239
— des forces motrices du Rhône (Lyon). 432
— de la chûte d'eau de Trollhattan..... 238
— immédiate du charbon d'une mine, en Allemagne..... 575
VACHERIE. — *Voir Cudey et Vacherie*
VAIL (J. H.) et WYNKOP (S. H.). — L'emploi des dynamiteurs sur les circuits de tramways électriques..... 514
VIOLLE (J.). — Sur la température de l'arc électrique..... 610
VOGT. — Emploi du pétrole comme désincrustant des chaudières..... 240
Vis et écrous (Unification des systèmes de) 94
Voitures mécaniques..... 430

W Y Z

WATERHOUSE. — Régularisation..... 201
WEDDING (W.). — *Voir Roessler (G.) et Wedding.*
Western Electric, C° Téléphone..... 368
WESTINGHOUSE. — Accouplement élastique. 199
WHITTINGHAM. — Electromoteurs..... ... 199
WILDE. — Courbes de force électromotrice et d'intensité de courant d'un alternateur Wilde..... 506
WILKINSON (H.-D.). — Notes sur les tramways électriques aux Etats-Unis et au Canada..... 557, 603 651
WILLIAMSON. — *Voir Bedell, Ballantyne et Williamson.*
WUILLEUMIER. — Tramway électrique..... 610
WYNKOOP (S.-H.). — *Voir Vail (J.-H.) et Wynkoop.*
YARROW. — Torpilleur en aluminium..... 429
ZEHNNDER (L). — Sur la résonance des oscillations hertziennes..... 35
— Recherches sur les rayons de force électrique ; production objective facile de ces rayons..... 560 672

Le Gérant: L. DENNERY.

Imprimerie ALCAN-LÉVY, 24, rue Chauchat, Paris

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Princeton University Library
32101 049009267

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google